

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ**



HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Jakub Bredler

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Bredler

Voda v krajině

Název práce

Hospodaření s dešťovými vodami

Název anglicky

Rainwater management system

Cíle práce

Předmětem diplomové práce je rozbor problematiky hospodaření s dešťovými vodami s ohledem na principy trvale udržitelného rozvoje. Cílem práce je charakteristika systému hospodaření s dešťovými vodami jakožto systému umožňujícího nejen akumulaci dešťových vod pro konkrétní využití, ale také jako systému, který podporuje zadržení vody v urbanizovaném povodí. Konkrétní pozornost je věnována návrhu odvodnění dešťového odtoku z komunikace a přilehlých zpevněných ploch.

Metodika

- literární rešerše dotčené problematiky
- výběr vhodné studijní lokality
- návrh odvodnění dešťového odtoku z komunikace
- posouzení návrhu
- obecné shrnutí

Doporučený rozsah práce

60 stran

Klíčová slova

dešťové vody, hospodaření s dešťovou vodou, urbanizované povodí, přírodě blízké odvodnění, územní plánování

Doporučené zdroje informací

- ČSN 75 9010, 2012: Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 44 s.
- Hlavínek, P., Prax, P., Sklenářová, T., Dvořáková, D., Polášková, K., Kubík, J., Hlušítk, P., Beránek, J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: Ardec s.r.o., 164 s.
- Krejčí, V., Gujer, W., Hlavínek, P., Zeman, E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup. Brno: NOEL 2000, 562 s.
- Novak, C.A., Giesen G.E.V., Debusk, K.M., 2014: Designing rainwater harvesting systems: integrating rainwater into building systems. Hoboken: Wiley, 294 p.
- Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., Vítek, R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71 ZO ČSOP Konikleč, 127s.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Hospodaření s dešťovými vodami vypracoval samostatně a konzultoval jsem svůj postup s Ing. Petrou Sychovou, Ph.D. Postupoval jsem podle platných metodických pokynů fakulty a sdělil jsem veškeré zdroje informací.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 22. 3. 2019

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petře Sychové, Ph.D. za odborné vedení, důležité rady a poznámky při psaní diplomové práce. Za poskytnutí podkladů k vypracování praktické části děkuji Ing. Pavle Štefanové, Ph.D. ze společnosti DIPRO, spol. s.r.o. Poděkování za podporu a možnost studia patří mé rodině.

V Praze dne 22. 3. 2019

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na moderní způsob odvodnění v urbanizovaném prostředí. Tímto moderním způsobem je hospodaření s dešťovými vodami (HDV), které je ve velké míře založeno na principech přírodě blízkého odvodnění. To znamená, že je snaha o napodobení přírodních procesů, které se dějí v původní nezastavěné krajině. Hospodaření s dešťovou vodou také výrazně napomáhá udržitelnému rozvoji měst a obcí v rámci adaptace na probíhající klimatické změny. Důležitou součástí dané problematiky je bezesporu legislativa, která do současné doby není v České republice zcela jasná a srozumitelná. Podle získaných zkušeností v oblasti odvodnění urbanizovaného území bude nutné propojit hospodaření s dešťovými vodami s územním plánováním. Obor městského odvodnění se tak stane multidisciplinární a je nutné nastavit koncepční přístup. Praktická část diplomové práce je věnována návrhu odvodnění dešťového odtoku z komunikace a přilehlých prostorů. Návrh je zpracován jak ve výpočetní, tak v grafické formě. Podkladem pro návrh je norma TNV 75 9011 – Hospodaření se srážkovými vodami, která navazuje na ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod.

Klíčová slova: dešťové vody, hospodaření s dešťovou vodou, urbanizované povodí, přírodě blízké odvodnění, územní plánování

Abstract

This study is focused on modern way of drainage in urbanized areas. This modern way is a method of rainwater management systems, which is largely based on principals of sustainable drainage systems in order to simulate natural drainage processes occurring in non-urbanized areas. Consequently, rainwater management systems to a great extent improves sustainable development of cities as far as adaptation to ongoing climate changes. Legislative could be an important tool creating suitable conditions for implementation and application of rainwater management principles. However, currently legislative instruments is not very clear in the Czech Republic. Gained experiences in field of an urban drainage has showed, that it is going to be essential to connect rainwater management systems with spatial planning. Implementantion of urban drainage concept is thereby becoming multi-disciplinary and is necessary to set conceptual approach. Practical part of this study consists of a design of a road drainage system and surrounding area. Design is created in a form of a computational part of the drainage system and in a form of a graphical output. Design is based on concerned technical standards TNV 75 9011 and ČSN 75 9010.

Key words: rainwater, rainwater management systems, urbanized basin, near natural drainage, spatial planning

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Cíle práce	15
3	Literární rešerše	16
3.1	Dešťová voda.....	16
3.2	Městské odvodnění.....	17
3.2.1	Vývoj městského odvodnění	18
3.2.2	Hospodaření s dešťovou vodou a úroveň využití ve světě.....	21
3.2.3	Urbanizované prostředí a klima	27
3.3	Aplikace HDV	28
3.3.1	Koncepční přístup	29
3.3.2	Územní plánování a HDV	32
3.4	Legislativa, rámcové a metodické nástroje ČR	38
3.4.1	Legislativa v oblasti hospodaření s dešťovou vodou platná pro ČR....	38
3.4.2	Technická opatření	41
3.4.3	Rámcové a metodické nástroje.....	42
3.5	Hospodaření s dešťovou vodou	45
3.5.1	Objekty pro snížení nebo prevenci vzniku dešťového odtoku u zdroje	45
3.5.2	Objekty pro vsakování bez regulovaného odtoku	47
3.5.3	Objekty pro vsakování s regulovaným odtokem.....	51
3.5.4	Retenční objekty s regulovaným odtokem.....	51
3.5.5	Akumulace a využití dešťových vod.....	53
4	Metodika	54
4.1	Popis řešeného území	54
4.2	Vstupní informace pro návrh odvodnění.....	56
5	Výsledky	63

6	Diskuse.....	67
7	Závěr a přínos práce.....	71
8	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	73

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání centrálního a decentrálního způsobu odvodnění (zdroj: Vítek a kol., 2015, upraveno autorem).	21
Tabulka 2: Výhody udržitelného rozvoje (zdroj: CIRIA, upraveno autorem).....	32
Tabulka 3: Informace o dotčených parcelách (zdroj: ČÚZK, upraveno autorem). ...	57
Tabulka 4: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (zdroj: ČSN 75 9010). 58	
Tabulka 5: Hodnoty propustnosti [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (zdroj: podklady firmy DIPRO spol. s.r.o., upraveno autorem).	63
Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek (zdroj: ČSN 75 9010, upraveno autorem).	64
Tabulka 7: Výsledné hodnoty jednotlivých ploch (zdroj: autor).	64
Tabulka 8: Retenční objemy průlehů (zdroj: autor).....	65
Tabulka 9: Posouzení rozměrů průlehu vzhledem k max. retenční hladině (zdroj: autor).	65
Tabulka 10: Doby prázdnění (zdroj: autor).....	66

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pozorované změny teplot na zemském povrchu mezi lety 1901-2012 (zdroj: IPCC, 2014).....	27
Obrázek 2: Tepelný klimatický deštník urbanizovaného prostoru (zdroj: Kravčík a kol., 2007).	28
Obrázek 3: Návaznost způsobu odvodnění od opatření u zdroje až po regionální (zdroj: CIRIA 2004).	29
Obrázek 4: Algoritmus volby odvodnění stavby, působnost tech. norem (zdroj: Vítek a kol., 2015).	33

Obrázek 5: Polovegetační tvárnice (zdroj: Novotná a kol., 2015).....	45
Obrázek 6: Extenzivní vegetační střecha řešená jako přístřešek (zdroj: SuDS Manual, 2015).	46
Obrázek 7: Intenzivní vegetační střecha (zdroj: SuDS Manual, 2015).....	47
Obrázek 8: Plošné vsakování přes humusovou vrstvu (zdroj: TNV 75 9011).....	48
Obrázek 9: Vsakovací průleh s povrchovým přítokem (zdroj: TNV 75 9011).....	48
Obrázek 10: Vsakovací nádrž (zdroj: TNV 75 9011).	49
Obrázek 11: Podzemní vsakovací rýha s podpovrchovým přívodem vody (zdroj: TNV 75 9011).	50
Obrázek 12: Pokládka vsakovacích bloků (zdroj: Novotná a kol., 2015).....	50
Obrázek 13: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem s regulovaným odtokem (zdroj: TNV 75 9011).....	51
Obrázek 14: Suchá retenční dešťová nádrž - poldr (zdroj: TNV 75 9011).....	52
Obrázek 15: Lokace zájmového území (zdroj: Institut plánování a rozvoje (IPR) hl. m. Prahy).	54
Obrázek 16: Řešené území (zdroj: mapy.cz, upraveno autorem).	55
Obrázek 17: Vsakovací příkop v ulici K Zeleným domkům (zdroj: autor).	56
Obrázek 18: Příčné uspořádání ulice (zdroj: autor).	62

1 Úvod

Nejen v České republice je na hospodaření s dešťovými vodami již několik let nahlíženo jako na jednu z mála možností, jak se bránit klimatickým změnám, resp. klimatickým extrémům. Výskyt klimatických změn doprovázejí právě klimatické extrémy. Typickými klimatickými extrémy v našich podmínkách jsou sucha a povodně. Zejména sucho v posledních letech sužuje Českou republiku. Jelikož jediným druhem vod, které dotují Českou republiku, jsou pouze vody dešťové, proto je nutné s nimi správně nakládat a hospodařit. Hospodaření s dešťovými vodami má význam především v urbanizovaném povodí. Výraz „bránit se klimatickým extrémům“ nebude pravděpodobně dostatečný. Pokud bude trend změn pokračovat, měli bychom spíše hovořit o „adaptaci“, s kterou nám dešťová voda může pomoci. Některé anglicky mluvící země používají pro hospodaření s dešťovými vodami důstojný výraz *Rainwater management*. Čili něco ve smyslu správy či řízení dešťové vody. Už jen to poukazuje na důležitost a respekt k tomuto oboru, bohužel prozatím uplatňovaný zejména v zahraničí.

Evropská i národní vodohospodářská politika (Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES, Vodní zákon č. 254/2001 Sb., a další předpisy) upřednostňuje ochranná opatření, která zvyšují retenční potenciál krajiny při odtoku vod. Dalším opatřením je zvýšení akumulace vody v různých formách a v různých dobách trvání (Kulhavý a kol., 2015). Tyto možnosti zadržování vody v krajině se projevují jako účinná adaptační opatření proti klimatickým změnám a mohou předcházet extrémům v podobě povodní a sucha. Zpomalení srážkového odtoku v krajině nejen, že chrání před erozí a bleskovými povodněmi, ale zároveň umožňuje zmírňovat následky sucha.

Klimatické změny, v podobě zvyšujících se teplot, se ve velké míře projevují v urbanizovaných územích, hlavně ve velkých aglomeracích. V těchto oblastech je zastoupeno vysoké procento nepropustných ploch. Po těchto plochách dešťová voda rychle odtéká z území do kanalizace. Takto je nastaveno městské odvodnění po desítky let. Tímto konvenčním způsobem odvodnění zbytečně přicházíme o vodu, kterou lze využít ke konkrétním účelům. Hospodaření s dešťovými vodami postavené na základě přírodě blízkého odvodnění se snaží o napodobení přírodních procesů (SuDS Manual,

2015). Jedním z procesů je lokální koloběh vody zahrnující evapotranspiraci, která ochlazuje přehřáté městské prostředí (Kravčík a kol., 2007). Ministerstvo životního prostředí v roce 2015 vydalo *Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Tato publikace přináší charakteristiku adaptačních opatření jak pro urbanizovanou krajinu, tak i pro vodní režim v krajině.

V současné době je proces hospodaření s dešťovou vodou multioborovou záležitostí. V praxi se jedná o spolupráci odborníků, kteří zajišťují odvodnění území, s územními plánovači, urbanisty, vodohospodáři, lidmi z úřadů, ale i veřejností. V důsledku má tato spolupráce vliv i na víceúčelové využití budovaných objektů. Například primárním účelem umělého mokřadu je retence vody, ale v urbanizovaném území může představovat estetický či rekreační prvek. Vsakovací průleh může sloužit jako sezónní zdroj vody pro menší živočichy, čímž se zvyšuje biodiverzita v okolí.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je rozbor současné a velice skloňované problematiky týkající se hospodaření s dešťovými vodami. Pro pochopení daného tématu je důležité získat poznatky z dalších vědních i technických oborů. Do těchto oborů můžeme zařadit např. klimatické změny, územní plánování či městské inženýrství. Práce se zabývá rozbohem legislativy, která je pro dané téma bezpodmínečně nutná. Dalším stanoveným cílem je uvést charakteristiky systémů hospodaření s dešťovými vodami. Tyto systémy již neslouží pouze pro akumulaci dešťových vod, které lze následně využít pro konkrétní účely. Ale nynější systémy také přispívají k retenci a vsakování vod v urbanizovaných povodích. Dílčím cílem je návrh takového systému odvodnění, do kterého je odváděna dešťová voda ze zpevněných povrchů.

3 Literární řešerše

3.1 Dešť'ová voda

Vody dopadající na zemský povrch by se správně měly označovat jako vody srážkové (déšť, sníh, kroupy atd.). Avšak pro aplikaci systémů HDV jsou nejvýznamnější vody dešť'ové, které vyvolávají dešť'ový odtok.

Dešť'ový odtok je transformace reálného deště do tzv. efektivního deště. Rozdílem mezi těmito dešti jsou ztráty. Ztráty jsou tvořeny několika způsoby: omočením ploch (střechy, silnice, vegetace apod.), povrchovou retencí (vytváření louží), infiltrací (travníky, spárované dlažby), trvalými ztrátami a výparem (Krejčí a kol., 2002).

Vznik srážek

Při proudění vzduchu v atmosféře nastává změna tlaku a teploty vzduchu. To má za následek, že je vzduch nasycen vodními parami. Vodní páry začnou po nasycení vzduchu kondenzovat kolem kondenzačních jader. Kondenzačními jádry jsou nejčastěji částice soli mořské vody nebo částice jílových minerálů. Takto vzniklé kapičky, které mají v průměru setiny milimetru, se v ovzduší jeví jako oblaka (Šilar, 1996).

Aby ze shluku kondenzačních jader, tj. z oblak mohly vypadávat kapičky vody či krystalky ledu v podobě srážek, musí být rychlost jejich pádu větší než rychlost vzestupných proudů vzduchu. Kapičky a krystalky musí mít dostatečnou velikost i hmotnost. Některé vodní kapičky a ledové krystalky se musí zvětšovat na úkor ostatních proto, aby mohly vypadávat (Kobzová, 1998; Soukupová, 2009).

Chladící funkce deště

Dopadající sluneční záření vypařuje vodu z moří, jezer, řek, mokřadů, půdy i z vegetace do atmosféry. Výpar každé molekuly vody spotřebovává teplo, o které se ochlazuje zemský povrch. Vypařená voda vytváří v atmosféře oblaka. Vodní páry, které vystoupí výše do atmosféry, kondenzují vlivem chladu, přičemž uvolňují

tepelnou energii. Ve výšce ochlazené vodní páry se vracejí zpět v podobě deště. Opakování tohoto procesu představuje účinný mechanismus na eliminaci nadbytečné tepelné energie a podobá se důmyslnému chladírenskému zařízení (Kravčík a kol., 2007).

Kvalita dešťových vod

Kvalita a úprava dešťových vod je podrobněji řešena v bakalářské práci *Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaném území*. Z tohoto důvodu je uvedeno pouze stručné shrnutí dané problematiky.

Znečištění dešťového odtoku je způsobováno látkovým znečištěním urbanizovaného území a znečištěním vzduchu. Znečištění lze rozdělit do tří kategorií z hlediska původu. První kategorii lze označit jako tzv. mokrá depozice. K tomuto znečištění dochází za deště, kdy je atmosféra promývána dešťovou vodou. Zároveň s tím dochází k vyčištění atmosféry. Mokrá depozice může vykazovat některé přirozené vlastnosti zemského povrchu (eroze půdy) nebo také znečištění vyvolané antropogenní činností, zejména kouřovými plyny a dopravou. Druhá kategorie znečištění dešťového odtoku je tzv. suchá depozice. Látkové znečištění urbanizovaného území je ovlivňované občanskou vybaveností, průmyslem, dopravou, urbanistickým řešením, odpadem, zvířecím i rostlinným společenstvem. Třetí kategorií je znečištění vznikající při kontaktu dešťové vody s různými materiály na povrchu území (Krejčí a kol., 2002).

3.2 Městské odvodnění

Městské odvodnění je inženýrský obor, který je jednou z hlavních složek vodního hospodářství v urbanizovaném území. Městské odvodnění se zabývá vznikem, transportem a čištěním odpadních vod. Tyto vody mají vliv na vodní toky a vodní zdroje. Do systému městského odvodnění patří stokové sítě, čistírny odpadních vod, vodní toky a podzemní voda. Městské odvodnění je rozhodujícím faktorem jak pro osobní hygienu lidí, tak také pro obecnou hygienu v oblasti péče o životní podmínky v zastavěném území. Funkce městského odvodnění je zaručena správným technickým vybavením, legislativou a administrativní složkou. Tyto

mechanismy přispívají ke komfortnímu bydlení a chrání nemovitosti před lokálními záplavami (Krejčí a kol., 2002).

3.2.1 Vývoj městského odvodnění

Do poloviny 19. století byly využívány různé decentrální systémy odvodnění, které však byly zcela nevyhovující z hlediska hygienických nároků a samozřejmě estetiky. Dalším problémem tehdejších decentrálních systémů byla takřka nulová ochrana nemovitostí před lokálními záplavami, které byly způsobovány intenzivními dešti. Londýnský inženýr John Roe zavedl okolo roku 1840 základy moderní splaškové kanalizace. Jeho princip odvodu splaškových vod se používá dodnes, stoková síť vejčitého tvaru s konstantním spádem (Abwassertechnische Vereinigung, 1983).

Konvenční odvodnění

Úkolem městského odvodnění je napojení všech odpadních vod do kanalizačního systému a jejich rychlý odvod z urbanizovaného území. To by mělo být provedeno způsobem, který nebude obtěžovat občany, neomezí dopravu a neohrozí vodní toky a podzemní vody. Odpadními vodami se rozumí veškeré vody, které jsou jakkoli odváděny z okolí bydlišť. Mezi odpadní vody se zařazují kapalné i některé pevné odpady z domácností, vody z průmyslu, dešťová voda, drenážní voda a také připojené odvodnění povrchové i podzemní vody bez rozdílu jejího znečištění (Hörler, 1962).

Konvenční odvodnění městských povodí vznikalo za účelem ochrany obyvatel, jejich majetku a objektů před nepříznivými dopady lokálních povodní. Na zem spadá dešťová voda (v tomto stavu již můžeme mluvit o vodě povrchové) je v konvenčním odvodnění chápána jako problém. Tento problém se řeší tak, že se dešťová voda co nejrychlejším způsobem odvede kanalizační sítí pryč z urbanizovaného území. Starší a nejčastěji používanou kanalizační soustavou je jednotná stoková síť. Odpadní vody i vody dešťové jsou odváděny na čistírny odpadních vod jedním potrubím. Při tomto způsobu odvodnění jsou zvýšené prostorové nároky na profily kanalizačních stok. Tento systém ale není z dřívějšíka většinou dimenzován na intenzitu přívalových

srážek, a proto může docházet k zahlcení systému a následně k lokálním záplavám. Přívalové srážky mají v současné době velkou intenzitu i častější periodicitu opakování. Další nevýhodou jednotné kanalizace je přílišné zatížení čistíren odpadních vod, pokud dojde k přívalovým srážkám. Aby nedocházelo k přetížení čistíren odpadních vod jsou přepady z čistíren odpadních vod zaústěny rovnou do vodních toků a ty jsou následně odpadní vodou z čistíren znečištěny. Proto se na stokových sítích budují odlehčovací komory. Odlehčovací komory však na vodních tocích vyvolávají hydraulické zatížení. Na odlehčovacích stokách se snížení zatížení řeší pomocí retenčních nádrží, které přepadům do toku bezpečně zabraňují. Jejich nevýhodou je velmi nákladná výstavba (Vacková, 2017; Vítek, 2008).

V pozdější době se budovaly oddílné stokové soustavy. Splaškové odpadní vody jsou odváděny jedním profilem na čistírnu odpadních vod. Dešťové vody, pokud nevykazují větší znečištění, jsou odvedeny do recipientu, nejčastěji vodního toku. Tímto se vyřešil problém vzdouvání odpadních vod, i když se vzrůstající mírou zastavění jsou stále větší a větší požadavky na profily stok. Ale ani oddílná soustava neřeší problém znečištění a hydraulické zatěžování vodních toků, recipientu dešťových vod (Hlavínek a kol., 2001; Vacková, 2017).

Krejčí a kol. (2002) uvádí celou řadu problémů současného městského odvodnění, které souvisejí s ochranou vodních toků a zdrojů.

- Rychlý odvod dešťových vod ze zpevněných ploch navyšuje průtok v drobných vodních tocích a zvyšuje se tak požadavek na jejich kapacitu, která je však po velkou část roku nepotřebná.
- Rychlým odvodem dešťového odtoku ze zastavěného území se nedotují zásoby podzemních vod.
- Neznečištěné nebo málo znečištěné vody snižují účinnost čistíren odpadních vod. To má za následek zvýšení provozních a investičních nákladů.
- Balastní vody v jednotné stokové soustavě zapříčiňují stále intenzivnější přepady odpadních vod přímo do recipientu. Tím se zvyšuje míra znečištění hlavně v období častějších dešťů či tání sněhu.

Balastní vody zatěžují stokovou síť nárazově nebo kontinuálně. Nárazové zatížení stokových sítí je vyvoláváno haváriemi vodovodních řadů nebo přítokem podzemních vod. Podzemní voda může do potrubí pronikat při stavbě stok nebo při výstavbě dalších inženýrských sítí (Bartůšková, 2018).

Kontinuální zatížení stokových sítí je způsobováno nejčastěji pronikáním vody do stok prostřednictvím netěsností spojů a napojením objektů na stoky. Zdrojem zatížení je také drenážní potrubí uložené na zemědělských pozemcích či plochách určených k zastavění. Drenážní potrubí zpřičiňuje snížení hladiny podzemní vody. U starších stokových systémů je možnost, že jsou do kanalizace zaústěny staré přítoky již neexistujících rybníků a potoků. Dalším zdrojem zatížení je průsak pitné a užitkové vody vodovodní sítí. Množství balastních vod ovlivňují také neznečištěné vody z továren a nezákonně napojené objekty produkující odpadní vody. Průsak balastních vod do stokových sítí je ovlivňován úrovní hladiny podzemní vody vůči výši uložení stok (Nysl a Synáčková, 1998).

Moderní odvodnění

V souvislosti s problémy, které byly popsány u konvenčního odvodnění, začala vznikat nová filozofie. Tato filozofie se snaží k odvodnění urbanizovaného území najít jiný a lepší přístup. Tento přístup se nazývá decentrální systém odvodnění urbanizovaných území a funguje na principu přírodě blízkému odvodnění. Na městské odvodnění se již nehledí jen jako na stokovou síť, ale jeho účelem je napodobit přirozený cyklus vody. V přirozeném oběhu vody v krajině dochází k důležitým procesům – evaporaci a transpiraci rostlin (McHarg, 1995).

Moderní způsob odvodnění, ve kterém je zakomponováno hospodaření s dešťovou vodou, je systémem decentrálním. Úkolem je zadržet dešťovou vodu v místě dopadu na zem. K tomu slouží decentrální retenční objekty. Snahou je dešťovou vodu zasakovat do podloží. Pro zasakování vody do podloží musí být příznivé lokální podmínky, zejména vhodná geologie podloží (Vacková, 2017).

Hlavní pravidla pro účelné hospodaření s dešťovou vodou sepsal *Vítek a kol.* (2015).

- Odtok srážkové vody je redukován a transformován přímo na pozemku, tj. v místě dopadu srážky. Finanční prostředky vycházejí od majitele odvodňované stavby. Zařízení pro redukci odtoku je nezbytnou součástí odvodňované stavby.
- Jediná možnost, jak účinně vypařovat, vsakovat či používat pro provoz domu dešťovou vodu je její separování od vod splaškových.
- Množství odtoku dešťových vod ze zastavěného pozemku je totožné s množstvím, které by oteklo z přirozeného zemského povrchu.

V návaznosti na tato pravidla jsou hlavními přínosy: snížení znečištění vodních toků, doplnění zásob podzemní vody, zvýšení biodiverzity a odolnosti měst, zvýšení atraktivity městského prostředí (Fukalová a kol., 2018).

Základní rozdíly mezi centrálním a decentrálním způsobem odvádění dešťových vod jsou shrnuty v *tab. 1*. Na rozdíly je pohlíženo zejména z přírodě blízkého pohledu. Na druhou stranu, i centrální způsob odvádění dešťových vod může být za určitých podmínek odůvodnitelný. Centrální způsob je využíván tam, kde jiný způsob není možný. Jedná se o případy, kdy nejsou vhodné geologické podmínky podloží či vysoká hladina podzemní vody.

Tabulka 1: Porovnání centrálního a decentrálního způsobu odvodnění (zdroj: Vitek a kol., 2015, upraveno autorem).

Centrální způsob odvodnění	Decentrální způsob odvodnění
Pouze přenáší problém na jiné místo, někomu jinému, včetně finančních zátěží.	Problém je řešen na místě vzniku a majitel nemovitosti je finančně odpovědný.
Zabraňuje výparu a vsakování.	Napomáhá výparu a vsakování.
Zrychluje odtok vody z povodí.	Zpomaluje odtok vody z povodí.
Nedostatečně chrání nemovitosti před místními záplavami.	Ochrana nemovitostí před místními záplavami je na vysoké úrovni.
Nejsou uplatňovány zásady udržitelného rozvoje.	Jsou uplatňovány zásady udržitelného rozvoje.

3.2.2 Hospodaření s dešťovou vodou a úroveň využití ve světě

V zahraničí se decentrální způsob odvodňování urbanizovaného území uplatňuje od 70. let 20. století. V různých státech světa se systémy liší svým označením. V Severní Americe můžeme najít označení Best Management Practices (BMPs), Low

Impact Development (LID) nebo Stormwater Control Measures (SCMs). Pod názvem Sustainable Urban Drainage System (SuDS) jsou systémy odvodnění označovány ve Velké Británii, ve Francii pak Alternative Techniques (ATs). Nature Regenwasserbewirtschaftung nebo dezentrale Regenwasserbewirtschaftung jsou termíny pro přírodě blízké decentrální odvodnění v německy hovořících státech. V České republice se setkáváme s pojmem *Hospodaření s dešťovou vodou* (HDV) (Vítek a kol., 2015).

Jako každé jiné technologie, které procházejí v posledních letech inovací, tak i systémy pro hospodaření s dešťovou vodou jsou vyvíjeny a zlepšovány. Vývoj a využití systémů se samozřejmě liší. Rozdíly můžeme hledat mezi rozvojovými a rozvinutými zeměmi, mezi městským prostředím a venkovským prostředím. Další rozdíly mohou být v lokálních podmínkách a úrovni modrozelené infrastruktury. Samostatnou kapitolou každé země je legislativa a související předpisy pro využívání HDV. Nezastupitelnou roli tvoří také informovanost a implementace HDV do veřejného uvažování. To je samozřejmě spojené s finanční stránkou věci. V rozvinutých zemích podporuje budování systémů HDV stát např. různými formami dotací či slevami na daních. V nejméně rozvinutých státech světa, kde HDV dokonce může plnit roli alternativního zdroje pitné vody, pomáhají se zavedením systémů různé organizace (např. UNESCO).

Afrika

S hospodařením s dešťovou vodou v Africe se lze setkat především ve velkých městech. Systémy HDV využívají jednotlivci i různá společenstva hlavně pro akumulaci a následné využití dešťové vody. Afrika však také nabízí získané zkušenosti z malých venkovských osad (Campisano a kol., 2017).

Několik studií (např. Handia a kol., 2003) ukázalo, že HDV může poskytnout podstatný zdroj vody po celém africkém kontinentu. *Handia a kol.* (2003) uvádí, že laboratorní analýzy vzorků vody ze systémů HDV prokázaly vhodnost vody i pro pitné účely. Na druhou stranu *Dobrowsky a kol.* (2014) uvádí výsledky mikrobiálních analýz, které naznačují, že voda ze sběrných nádrží není vhodná pro pitné účely bez úpravy. Některé počty indikátorů organismů např. celkové koliformní bakterie nebo *Escherichia coli* překročily stanovené hodnoty.

Rozsáhlé výzkumné projekty využívající nástroje GIS ukázaly příležitosti pro využití HDV ve vybraných státech Afriky jako je Botswana, Etiopie, Keňa, Malawi, Mosambik, Rwanda, Tanzanie, Uganda, Zambie a Zimbabwe (Mati a kol., 2006).

Tato skutečnost vede k možnosti rozšíření HDV v Africe a také ke vzniku různých asociací, které se HDV zabývají. V mnoha částech kontinentu není hlavním problémem nedostatek vody, ale nedostačující infrastruktura s vodou spojená. Jedná se o uskladnění, zpracování a o dopravu vody tam, kde je potřebná. Vlády zemí obecně HDV podporují. Tato podpora je převážně věnována venkovským a chudým komunitám (Campisano a kol., 2017).

Asie

HDV hraje důležitou roli i v asijských zemích. Například, v Japonsku od počátku 80. let 20. století místní vláda začala propagovat systémy na recyklaci vody. Tyto systémy efektivně zmírňovaly problémy velkých měst, zejména s nedostatkem vody či se vznikem městských podvodní. Od té doby bylo HDV aktivně zaváděno do veřejného povědomí díky pomoci místních úřadů. Úřady byly podporovány zvláštními finančními programy (Campisano a kol., 2017).

Nízkonákladová implementace systémů HDV byla podporována v Thajsku. Thajská vláda nastolila rozsáhlý národní program. Systémy nádrží různých objemů (od 0,1 do 3 m³) byly instalovány v mnoha vesnicích. Jak se ukázalo nádrže poskytovaly domácnostem dostatek akumulované dešťové vody, která mohla být využita v období sucha, která trvají až šest měsíců v roce (Wirojanagud a Vanvarothorn, 1990).

V Číně v provincii Gansu byl proveden demonstrační projekt HDV s velice pozitivními výsledky. Do roku 2000 podpořil tento projekt výstavbu více než dvou miliónů dešťových nádrží s celkovou kapacitou přesahující 73 miliónů m³, což představovalo pitnou vodu pro téměř dva milióny lidí. Voda byla také využívána pro doplňkovou závlahu pro více než 230 000 ha půdy. Na základě těchto výsledků se systémy HDV rozšířily do sedmnácti dalších provincií. Od roku 2001 postavili v provinciích přes 5,5 miliónů nádrží na pitnou vodu a na doplňkovou závlahu po celé Číně (Gould a kol., 2014).

Austrálie

Austrálie má jednu z nejvyšších úrovní implementace systémů HDV. Podle výsledků průzkumů australského statistického úřadu (Australian Bureau of Statistics) je okolo 1,7 miliónů domácností vybaveno nádržemi na dešťovou vodu. Tyto nádrže poskytují přibližně 156 gígalitrů vody, což je přibližně 8 % spotřeby vody v domácnostech (od 1. července 2013 do 30. června 2014). Přepočteno na měnu je to 507 miliónů australských dolarů. Od března roku 2013 bylo vybaveno dešťovými nádržemi přibližně 34 % australských domácností. Pro srovnání v roce 2010 to bylo 32 % a v roce 2007 24 % domácností. Nárůst je přisuzován omezené možnosti využívat vodu. Omezení vydaly vodní úřady. Další faktory nárůstu množství nádrží byly slevy na výstavbu poskytnuté od australské vlády výhodné vodoprávní předpisy a oceňování vody. Zajímavé je, že největší nárůst (44 %) domácností vybavených dešťovými nádržemi byl zaznamenán mimo velká města. Ve velkých městech byl nárůst uplatnění HDV pouze 28 %. Ve venkovských i městských oblastech byla zhruba polovina HDV systémů spojena s vnitřním využitím vody. Průzkum ukázal, že největší motivací lidí k instalaci HDV systémů byla úspora pitné vody (49 % lidí spadalo do této kategorie) (Campisano, 2017).

Systémy HDV, které se zaměřují na redukování poptávky pitné vody byly posuzovány ve studii *Burnse a kol.* (2015). Studie uvádí snížení spotřeby pitné vody v rozmezí 10-100 %. Instalace HDV byla pozorována ve dvanácti domácnostech. Není překvapení, že největší snížení spotřeby pitné vody bylo dosaženo tam, kde voda z nádrží měla vícero využití (splachování toalet, praní prádla).

Kromě využití systémů HDV v domácnostech, kde jsou australská data přece jen omezena, lze HDV také využívat ve veřejných prostorech. Ze zkušeností je možné systémy aplikovat například pro závlahu parků či sportovišť. Takové systémy jsou instalovány, provozovány a spravovány místními úřady. Převaha těchto rozsáhlejších systémů výrazně vzrostla od roku 2000 kvůli přísnému legislativnímu omezení využívání vody. Omezení vznikla v důsledku extrémních podmínek sucha, která přetrvávaly v jihovýchodní Austrálii takřka deset let (Campisano, 2017).

Evropa

Stav implementace systémů HDV je v evropských zemích různý. Několik zemí v západní Evropě používá systémy HDV pro akumulaci dešťové vody. Ve Velké Británii lidé akumulovali dešťovou vodu pro využití v domácnosti (praní, umývání nádobí a jiné úklidové práce). Nicméně, moderní systémy HDV byly zavedeny relativně nedávno. Jedním z důvodů je, že vyhovující normy a standardy pro HDV (BS 8515:2013 a BS 8595:2013) jsou dostupné teprve od roku 2013. Očekávané podněty a adaptační mechanismy pro naplnění principů HDV do té doby nebyly k dispozici. Podněty a mechanismy měly vycházet od řídicích, regulačních a vodohospodářských organizací Velké Británie (Ward a kol., 2014). Systémy v komerčním měřítku (supermarkety, školy a kancelářské budovy) jsou v současnosti více rozšířené než menší systémy v domácnostech. Ačkoli probíhající inovace menších systémů může v budoucnu právě tyto systémy velmi rozšířit (Melville-Shreeve a kol., 2016).

Německo je v současné době lídrem v propagaci a rozšíření HDV technologií pro domácí využití. V důsledku podpory (pomocí grantů a dotací) domácností místní správou je dnes téměř třetina nových budov vybavena systémy pro sběr dešťových vod (Schuetze, 2013). Kvůli značnému znečištění ovzduší a přísným předpisům týkajících se standardů pitné vody nemůže být dešťová voda v německých domácnostech využívána ke konzumaci, nicméně je hojně používána především pro závlahu, splachování toalet a praní.

Rovněž v dalších evropských státech je problematika HDV aktivně řešena. Španělsko se zavázalo k programu, který vytváří podněty a dotace pro hospodaření s dešťovou vodou v nových budovách (Doménech a Saurí, 2011). Technické pokyny pro HDV byly také vydány v Itálii. Od té doby, několik obcí podporuje HDV jako doplňkovou technologii ke zlepšení a kontrole povrchového odtoku z území. Italské systémy HDV také využívají pro závlahu veřejné i soukromé zeleně.

Popularita instalování systémů HDV je na vzestupu také v dalších zemích jako je Rakousko, Švýcarsko, Belgie a Dánsko. Hlavním důvodem je vysoká cena pitné vody (Godskesen a kol., 2013). Dobrý příklad aplikace HDV v rámci citlivého a udržitelného městského rozvoje je ve městě Hammarby Sjöstad ve Švédsku. Oblast

je dobře známa všem plánovačům a projektantům z celého světa, především s ohledem na vysokou úroveň životního prostředí a schopnost žít a existovat v souladu s přírodními cykly (Iveroth a kol., 2013).

Amerika

Úroveň aplikace HDV v Americe se liší podle jednotlivých států. Více než 100 000 domovních HDV systémů v USA funguje v jednoduché podobě – barely na konci okapových svodů. Voda je využívána na zálivku zahrady. V Americe jsou používány i komplexnější systémy zahrnující pitné využití. Texas je pravděpodobně stát s největší úrovní implementace HDV, kde tento systém pomáhá redukovat rozdíl mezi dodávkou vody a její spotřebou. Stát Texas nabízí finanční zvýhodnění pro zařízení HDV tím, že je osvobozeno od spotřebních daní. Města v Austinu a San Antoniu využívají místních dotací, které podporují výstavbu systémů HDV, ty zde slouží jako opatření na ochraně množství vod. V dalších státech (např. Oregon, Nové Mexiko) je také povoleno využívat dešťovou vodu z povrchů střech. Na toto využití dešťové vody se vztahují přísné požadavky. Tisíce systémů bylo instalováno svépomocí. Dešťové nádrže jsou využívány opět pro zalévání nebo pro požární účely (Campisano, 2017).

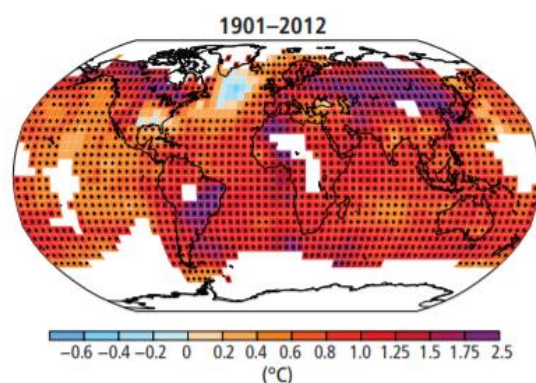
Výsledky výzkumu *DeBuska a kol.* (2013), založené na monitoringu různých systémů HDV v jihovýchodní části USA, prokázaly radikální snížení spotřeby pitné vody. Jednalo se o náhradu dodávky vody pro oplach zvířat v chovatelských stanicích a zalévání ve sklenících, což vedlo k redukci množství pitné vody o 100 resp., 61 %. *Jones a Hunt* (2010) poukazují na minimální snížení spotřeby pitné vody ve třech různých systémech, kde byla využita dešťová voda – splachování toalet, zálaha, mytí aut. Tyto výzkumy ukazují různorodé možnosti využití dešťové vody. Množství využití dešťové vody se liší také podle účelů použití.

Potencionální výhody HDV byly hodnoceny a pilotně implementovány na mnoha místech. Například v roce 2001 byl zahájen program „One Million Cistern“ v Brazílii. Cílem bylo pomoci dvěma miliónům obyvatel (více než 350 000 zkonstruovaných nádrží), kteří žijí v semiaridních územích bez blízkých zdrojů pitné vody. *Gomes a kol.* 2012 vyhodnotil program na základě 623 příjemců. Průzkum

zdůraznil problémy, které brání řádnému fungování objektů HDV (např. špatná kvalita střech, malá kapacita nádrží, absence automatických zařízení).

3.2.3 Urbanizované prostředí a klima

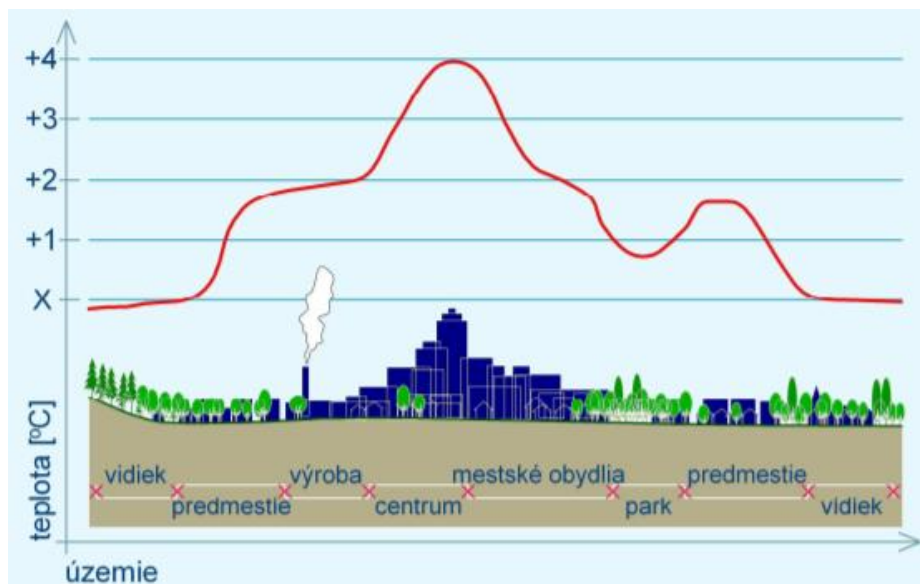
Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change), na základě vědeckých výzkumů, potvrdil klimatické změny na Zemi. Dále byla také doložena vzájemná spojitost mezi vzrůstajícím množstvím oxidu uhličitého a jiných skleníkových plynů v atmosféře na zvyšování průměrné teploty ovzduší i zemského povrchu (*obr. 1*). Na tato fakta má bezesporu vliv lidská činnost. S jistotou se dá tvrdit, že existuje přímý vztah mezi zvyšujícím se množstvím emisí, skleníkových plynů a změnami klimatu na zeměkouli. Jaké následky tyto události v budoucnu mohou vyvolat, však není možné v současné době objektivně posoudit (IPCC, 2014).



Obrázek 1: Pozorované změny teplot na zemském povrchu mezi lety 1901-2012 (zdroj: IPCC, 2014).

Na změně klimatu má však také svůj podíl přetváření charakteru krajiny člověkem, hlavně ve vyspělejších částech světa. Urbanizovaná území jsou z velké části utvářena nepropustnými povrchy, které limitují přirozený oběh vody. Z tohoto důvodu se mění místní mikroklimatické podmínky dané oblasti. Voda, která spadne na upravený zpevněný povrch je okamžitě svedena do kanalizační sítě a následně do recipientu. Není tak dosaženo dvou základních procesů, které jsou běžné v přírodních podmínkách – vsak dešťové vody do podzemních kolektorů a přirozený výpar vody. Pokud nedochází k výparu, nedochází ani k ochlazení prostoru, což je zejména v letních měsících v městském prostředí nevhodné. Z měst vznikají tepelné ostrovy, tzn., že teplota v osídlených oblastech je výrazně vyšší než teplota v okolí. Nad „ostrovy“ mohou vznikat tzv. tepelné klimatické deštníky (*obr. 2*). Srážky se

přesouvají mimo území měst, nedostatkem srážek se prohlubuje vysušování půd, čímž se zhoršuje možnost absorbovat dešťovou vodu (Kravčík a kol., 2007). Tento proces vede k narušování malého vodního cyklu.



Obrázek 2: Tepelný klimatický deštník urbanizovaného prostoru (zdroj: Kravčík a kol., 2007).

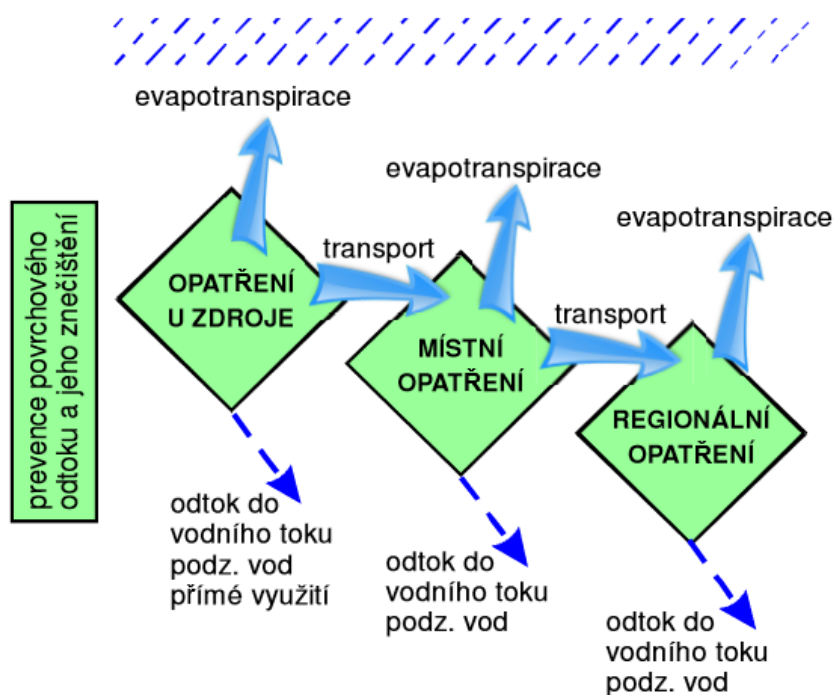
Změna klimatu je neoddiskutovatelná. Ať už je změna klimatu způsobena velkým množstvím skleníkových plynů pocházející z antropogenní činnosti, nebo narušením malého vodního cyklu (velká míra zastavění), anebo je změna přirozeným opakujícím se fenoménem – je nutná adaptace měst. Jedním z předpokladů pro adaptaci měst jsou přírodě blízká opatření v návaznosti na účelné hospodaření s dešťovou vodou.

3.3 Aplikace HDV

Vzhledem k tomu, že se poslední dobou zásadně mění náš vztah k vodě, je velmi těžké formulovat zásady vodohospodářské strategie pro města. Měnicí se přístup k odvodnění se zásadním způsobem projevuje hlavně v uplatnění nového způsobu odvádění dešťových vod. Tento nový způsob vychází z nabytých zkušeností v odvodnění měst a z globálních poznatků o změně klimatu a vlivu urbanizace krajiny na vodní režim.

3.3.1 Konceptní přístup

Dlouhodobé konceptní pojetí odvodnění obcí a měst je v dnešní době vytvářeno za okolností, kdy legislativa nařizuje aplikaci principů HDV jen v omezené míře a majitelé odvodňovaných staveb nejsou motivováni finanční efektivitou. Z tohoto důvodu by měla být v konceptních materiálech jasně zakomponována pravidla a postupy pro splnění principů HDV tak, aby výstavba neměla zásadní a negativní vliv na budoucí rozvoj města. Upřednostňovaná opatření by měla být taková, která nejvíce přibližují odvodnění stávajících i rozvojových ploch města ke způsobu odvodnění přirozených povodí (Vítek a kol., 2015). Prioritou je řešení aplikované u „zdroje“, jak je uvedeno na obr. 3.



Obrázek 3: Návaznost způsobu odvodnění od opatření u zdroje až po regionální (zdroj: CIRIA 2004).

Vítek a kol. (2015) sepsal základní předpoklady odvodnění měst podle principů udržitelného rozvoje:

- Harmonizace přístupu k legislativě – sjednocení přístupu místní i krajské státní správy.
- Koordinace zásad HDV – zakotvení prioritního přístupu k potřebám HDV v městských standardech pro výstavbu dopravních a pozemních staveb.

- Vymáhání pravidel HDV – schválení jednotných pravidel pro odvádění dešťových vod platných pro celé území města.
- Aktivní přístup k prosazování vodohospodářské koncepce.

Přírodě blízký způsob hospodaření s dešťovou vodou může být prosazován jak u jednotlivých pozemků, tak i na úrovni celého urbanizovaného celku. V klasickém plánovacím procesu na městské úrovni je nejprve rozhodnuto o využití ploch a jejich povrchu. Teprve až po tomto rozhodnutí je vodohospodářům zadáno vyřešit odvodňovací systém tak, aby z lokality odvedli dešťovou vodu. Tento postup je nutné změnit. Vodu je nutno začít chápat jako nedílnou součást krajiny a musí být začleněna od začátku do územního plánování. S řešením odvodnění lokalit musí být počítáno již od plánování využití ploch a jejich povrchů až po uplatnění nejlepších dostupných technik k zachycení, zadržení a infiltraci povrchového odtoku (Asociace pro vodu, 2009).

SuDS Manual (2015) popisuje opatření poskytující nezbytné procesy k řízení četnosti a objemu odtoku vody a k redukci koncentrace kontaminantů na akceptovatelnou úroveň. Následuje šest specifických funkcí HDV pro přírodě blízké opatření podle SuDS Manual. Každé opatření by mělo plnit více funkcí.

- Systémy využití dešťové vody – opatření umožňující zachytávání dešťové vody a systémy, které mohou ulehčit využití vody v budově a okolním prostředí.
- Systémy propustných povrchů – upravené povrchy umožňující průnik vody do podloží, čímž je redukováno množství vody, které by bylo svedeno do kanalizačních systémů. Propustné povrchy jsou například ozeleněné střechy nebo propustné dlažby. Mnoho těchto systémů také zahrnuje retenční a předčišťující objekty.
- Infiltrační systémy – opatření umožňující infiltraci dešťové vody do podloží. Opatření zahrnují objekty pro retenci naakumulované vody z povrchového odtoku. Objekty napomáhají k postupnému propouštění vody do půdního profilu.

- Systémy odvádění vody – opatření odvádějící povrchový odtok na následné retenční systémy. Tyto následné systémy by měly mít možnost regulace množství odtoku a také možnost předčištění, např. průlehy a příkopy.
- Retenční systémy – opatření umožňující zdržení odtoku. Rychlost a objem odtékající vody z území lze u některých opatření regulovat. Tyto systémy mohou také poskytovat předčištění zadržené vody. Do této skupiny opatření patří například jezírka, mokřady a retenční nádrže.
- Čistící systémy – opatření umožňující odstranění nebo snížení množství kontaminantů vyskytujících se v povrchovém odtoku.

Velká část uvedených systémů HDV lze vybudovat jako povrchová opatření. Povrchová opatření jsou samozřejmě výhodnější pro snadnější kontrolu a správu zařízení, popř. opravu. Výhodou povrchového odvedení dešťové vody do daných objektů je napodobování přírodních procesů. Sledováním přírodních procesů se pak prohlubuje poznání, které napomáhá pochopení významu dešťové vody, hlavně ve smyslu dešťové vody jako zdroje (Vacková, 2017).

Vzrůstá všeobecné chápání toho, že potřebujeme udržitelnější přístup k hospodaření s dešťovou i povrchovou vodou. HDV napodobuje přírodní odvodňovací procesy, které vedou k redukování kvalitativní i kvantitativní složky dešťového odtoku ze zástavby. Dále udržitelný rozvoj poskytuje výhody plynoucí z větší biologické rozmanitosti. Plánování a včasná specifikace HDV může přinést více výhod a příležitostí, které mohou dodat nákladově efektivní schéma HDV s co nejlepšími výsledky (CIRIA).

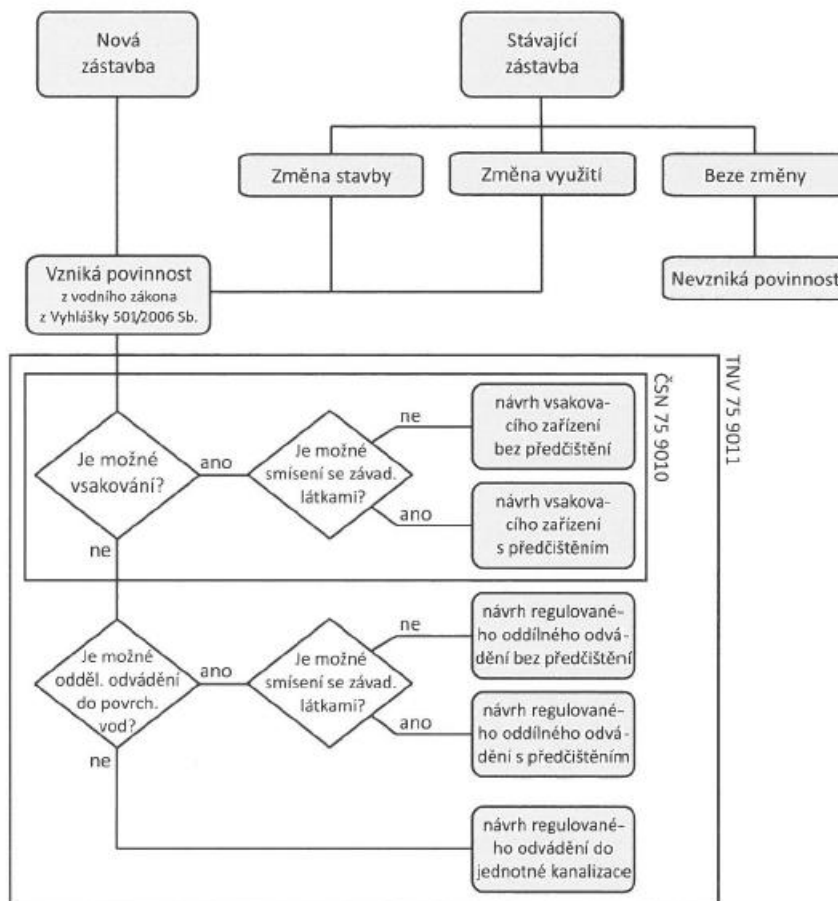
Tab. 2 přehledně uvádí výhody udržitelného rozvoje. Nejdůležitějšími výhodami z tohoto výčtu je možnost řízení povodňových rizik, které má dopad na obyvatele i majetek. Dále pak řízení kvality vody, adaptace na klimatické změny, snížení odpadních vod, snížení průtoků v kanalizacích, dotace podzemních vod nebo možnost podnikání v návaznosti na udržitelný rozvoj. Za přidanou hodnotu udržitelného rozvoje můžeme označit např. biodiverzitu, kvalitu ovzduší či rekreaci.

Tabulka 2: Výhody udržitelného rozvoje (zdroj: CIRIA, upraveno autorem).

Kategorie výhod	Popis výhod
Řízení povodňových rizik	Dopad na obyvatele a majetek
Řízení kvality vody	Kvalitní povrchová voda zlepšuje estetiku, zdraví, biodiverzitu, atd.
Biodiverzita a ekologie	Ekologické hodnoty lokality
Atraktivita	Atraktivita území
Kvalita ovzduší	Dopad na zdraví ze znečištění ovzduší
Teplota budov	Teplý komfort, chlazení (v létě), izolace (v zimě)
Redukce a vázání uhlíku	Řízená redukce uhlíku (výsadba)
Ekonomický růst	Podnikání, zaměstnání a výnosnost
Vzdělání	Rozšíření vzdělávacích příležitostí
Možný rozvoj	Kapacita vodní infrastruktury pro bydlení/další růst
Flexibilní infrastruktura/adaptace na klimatické změny	Zlepšení schopností a adaptace na rostoucí změny
Dotace podzemní vody	Zlepšení dostupnosti a kvality vody
Zdraví a blahobyt	Psychické, emocionální, mentální zdraví plynoucí z výhod rekreace a estetiky
Čerpání odpadních vod	Snížení odpadních vod pro čistírenské práce
Hospodaření s dešťovou vodou	Snížení průtoků v kanalizacích, znečištění, závislosti na pitné vodě
Rekreace	Zapojení specifických rekreačních aktivit
Turismus	Atraktivita turistických míst
Zklidnění dopravy	Snížení rizika nehod nebo zvýšení rekreace v ulicích
Čištění odpadních vod	Snížení objemu odpadních vod k čištění z odvodňovacích systémů

3.3.2 Územní plánování a HDV

Každá nová stavba by měla mít objekt, který umožňuje vsakování nebo alespoň retenci dešťových vod. Tímto se čistě vodohospodářská problematika přibližuje i k architektům a urbanistům. Principy HDV musí být reflektovány územně analytickými podklady a zakomponovány v územních plánech (Stránský, 2012). Na obr. 4 je zobrazen rozdíl v postupu volby odvodnění mezi novou a stávající zástavbou podle platné legislativy.



Obrázek 4: Algoritmus volby odvodnění stavby, působnost tech. norem (zdroj: Vítek a kol., 2015).

Implementace HDV do společnosti

Přechod k účelnému hospodaření s dešťovou vodou bude zdoluhavý a složitý proces, avšak vzhledem ke změnám (klimatickým, nedostatek vody) bude nezbytný. Hlavními problémy jsou způsob myšlení lidí spojený s nedostatečnou informovaností a vzdělaností v oblasti HDV a také z minulosti naučené stereotypy, jak s dešťovou vodou zacházet (Vítek, 2009a).

Existují dvě možnosti, jak lze v naší společnosti aplikovat přednosti HDV. První možností je prosazení systémových opatření na celostátní úrovni. Systémová opatření se odvíjí od legislativy České republiky. Systémová opatření mají větší společenský respekt a postavení. Legislativu v oblasti HDV řeší samostatná kapitola této práce.

Druhou možností jsou změny v regulativech územních plánů měst. Některá osvěcenější města nemohou nebo nechtějí čekat na zavedení HDV do celostátního systému. Mají totiž problémy s podzemními nebo povrchovými vodami nebo chápou

význam aplikace HDV. Města, která se snaží o lokální aplikaci HDV zlepši ochranu svých obyvatel, svého území i životního prostředí (Vítek, 2009a).

Účelová opatření lze zavádět na městské úrovni. Hospodaření s dešťovými vodami je možné zanést do územního plánu města, což je rychlejší cesta, než kdyby se tak dělo na úrovni celého státu. Pokud zastupitelstvo města schválí územní plán, jeho nedodržováním je subjekt vystaven sankcím. Nevýhody tohoto způsobu zavedení HDV jsou omezené ekonomické možnosti a nedostatek vzdělaných odborníků (neodbornost objednatelů, schvalovatelů, zpracovatelů). Městská správa a samospráva musí sama zpracovat proces schvalování, povolování a popřípadě následného provozování či spravování systémů hospodaření s dešťovou vodou (Vítek, 2009a).

HDV v nové zástavbě

Koncepční návrh odvodnění budoucí zástavby je nutné provést podle lokálních podmínek rozvojových ploch města. Rozvojové plochy jsou zaneseny v platném územním plánu, což s sebou nese různé limity v území. Limity se týkají jak způsobu odvodnění, tak i výstavby v území. Současná legislativa má jasnou hierarchii napojení dešťových vod – do podzemí, do vodního toku, do jednotné kanalizace. Pro zpracování koncepčních materiálů se ovšem jako příjemci dešťových vod uvažují pouze povrchové toky a jednotná kanalizace. Nelze tedy využít prioritu číslo 1 – vsak, výpar. Návrh a řešení reálného odvodnění je prováděn na základě hydrogeologického průzkumu, který města nemají většinou vytvořen. Koncepce je vytvářena na základě vsakovacích map, které nemohou podrobný hydrogeologický průzkum nahradit (Vítek, 2014; Vítek a kol., 2015).

Následující text vychází ze schématu územního plánování s HDV v nové zástavbě podle *Vítka* (2009a).

1. Stanovení obecných cílů a principů

- zachování rovnováhy mezi srážkami, výparem, vsakováním a odtokem před urbanizací a po urbanizaci, respektování rámcové směrnice EU o vodě i české legislativy

2. Sběr dat

- klimatické, hydrologické a hydrogeologické podmínky, stav recipientu

3. Modelování existující situace
4. Stanovení místních podmínek z hlediska HDV v nové zástavbě
 - charakteristika nezastavěných ploch určených k zástavbě
5. **Určení, zda jsou obecné cíle realizovatelné**
 - NE → je nutné znovu definovat obecné cíle (bod 1)
 - ANO → přistoupení k dalšímu kroku
6. Stanovení podrobných cílů
 - kvalitativní a kvantifikační cíle pro odtok dešťových vod, politické cíle
7. Stanovení pravidel, nástrojů a prostředků k aplikaci HDV do zástavby
8. Konzultace s volitelnými zástupci, úředníky, správci, odborníky, nevládními organizacemi a dalšími zainteresovanými orgány
9. Zvážení všech možností HDV na plochách nových zástaveb
 - decentralizované HDV, semi-centralizované opatření, odpojení povodí, klasické opatření odvodnění dešťových vod, kombinace těchto opatření
10. Modelování s opatřením HDV
11. **Určení, zda bylo cílů dosaženo**
 - NE → změna návrhu či zvážení jiných možností HDV (bod 9), případně opětovné definování podrobných cílů (bod 6)
 - ANO → následuje přistoupení k dalšímu kroku
12. Výsledkem je územní plán s hospodařením s dešťovou vodou
13. Naplňování koncepce územního plánu a hospodaření s dešťovou vodou jednotlivými realizacemi
14. Monitoring a vyhodnocování
15. **Zhodnocení, zda odpovídají výsledky plánu**
 - NE → stejný postup jako v bodě 11 (definování podrobných cílů (bod 6) již není doporučeno)
 - ANO → výsledky splňují plán – následuje konečný bod
16. **Aktualizovaný územní plán se zavedeným systémem hospodaření s dešťovou vodou**

HDV ve stávající zástavbě

Platná legislativa České republiky v současné době dává za povinnost snižovat odtok dešťových vod z území novostaveb. Doposud nebylo obvyklé, aby se

posuzovalo, zda je možné řešit přetížení kanalizace či koryt vodních toků tím, že by se upravily odtokové poměry ve stávající zástavbě. Nastává tak alternativa pro majitele stokové sítě nebo majitele stávající zástavby. Majitelé mohou vyhodnotit účinnost změny konvenčního odvodnění na decentralizovaný systém a rozhodnout se, jak budou řešit problém s přetíženou kanalizací nebo vodním tokem. Řešení může být buď tradiční – zvětšení profilu kanalizace, nebo přestavba odvodnění stávající zástavby v daném povodí. Nově vybudované odvodnění by respektovalo principy hospodaření s dešťovou vodou. Vybudované decentralizované systémy by také mohly vést ke snížení spotřeby pitné vody. Z hlediska udržitelného rozvoje měst získá v budoucnu na významu šetření pitnou vodou. Pitnou vodou je vhodné šetřit tam, kde plní roli užitkové vody. Užitkovou vodu lze nahradit nashromážděnou dešťovou vodou (Suchánek a kol., 2010).

Vítek (2009a) vytvořil schéma také pro územní plánování s hospodařením s dešťovou vodou ve stávající zástavbě.

1. Stanovení obecných cílů a principů

- zlepšení bilance srážkoodtokového děje (podíly mezi povrchovým odtokem, výparem a vsakováním tak, aby se snížilo zatížení vodotečí a kanalizace prostřednictvím dešťové vody, zkvalitnění životního prostředí a klima v zástavbě), respektování rámcové směrnice EU o vodě i české legislativy

2. Sběr dat

- klimatické, hydrologické a hydrogeologické podmínky, stav recipientu

3. Modelování existující situace

4. Stanovení místních podmínek

- Předpoklad hydrogeologických podmínek, vlastnické vztahy k nemovitostem, průzkum veškeré stávající zástavby, ostatní

5. Určení, zda jsou obecné cíle realizovatelné

- NE → je nutné znovu definovat obecné cíle (bod 1)

- ANO → přistoupení k dalšímu kroku

6. Stanovení podrobných cílů

- kvalitativní a kvantifikační cíle pro odtok dešťových vod, politické cíle.

7. Stanovení pravidel, nástrojů a prostředků k aplikaci HDV do zástavby

8. Konzultace s volitelnými zástupci, úředníky, správci, odborníky, nevládními organizacemi a dalšími zainteresovanými orgány
9. Stanovení scénáře HDV ve stávající zástavbě
 - analýza potenciálu hospodaření s dešťovou vodou ve stávající zástavbě, vyhodnocení všech možností HDV, návrh scénáře dle podmínek ve stávající zástavbě a z hlediska rozvojových záměrů města
10. Modelování s opatřením HDV
11. **Určení, zda bylo cílů dosaženo**
 - NE → změna návrhu či zvážení jiných možností HDV (bod 9), případně opětovné definování podrobných cílů (bod 6).
 - ANO → následuje přistoupení k dalšímu kroku
12. Výsledkem je územní plán s hospodařením s dešťovou vodou
13. Naplňování koncepce územního plánu a hospodaření s dešťovou vodou jednotlivými realizacemi
14. Monitoring a vyhodnocování
15. **Zhodnocení, zda odpovídají výsledky plánu**
 - NE → stejný postup jako v bodě 11 (definování podrobných cílů (bod 6) již není doporučeno)
 - ANO → výsledky splňují plán – následuje konečný bod
16. **Aktualizovaný územní plán se zavedeným systémem hospodaření s dešťovou vodou**

Stávající nabyté zkušenosti ze zahraničí dokazují, jak složité je zavádění HDV ve stávající zástavbě. Z realizovaných projektů se ukazuje, že decentrální systémy odvodnění jsou relevantní hlavně pro novou zástavbu. Projektová činnost a postup aplikace HDV se v nových a již zastavěných oblastech výrazně liší. Problémem aplikace HDV ve stávající zástavbě je nemožnost ovlivnit poměry a rozmístění zastavěných a nezastavěných ploch. Přizpůsobit výškové poměry a vyspádování systémům HDV je těžko realizovatelné. Pokud ano, tak za vynaložení značných finančních nákladů. Další potíže mohou vznikat při jednání s místními obyvateli. Z jejich pohledu současný konvenční způsob odvodnění funguje a není proto potřeba nic měnit. Obyvatelé stávající zástavby nejsou motivováni legislativou jako je tomu u majitelů nových staveb (Vítek, 2015).

3.4 Legislativa, rámcové a metodické nástroje ČR

V České republice je problematika hospodaření s dešťovými vodami zatím nadále v prvotním stádiu implementace. Prvním legislativním předpisem, který se věnoval HDV v ČR, byla vyhláška 501/2006 o obecných požadavcích na využívání území. Ve vyhlášce byly stanoveny podmínky, které musely být splněny při vymezení stavebního pozemku. V §20, odst. 5, písm. c) bylo uvedeno, že musí být na pozemku vyřešeno *vsakování dešťových vod nebo jejich zdržení v kapacitě 20 mm denního úhrnu srážek před jejich svedením do vodního toku či do kanalizace pro veřejnou potřebu jednotné či oddílné pro samostatný odvod dešťové vody veřejné dešťové nebo jednotné kanalizace*. V tomto bodě je jasná snaha o zavedení pravidla, které má za úkol zmírnit odtok srážkových vod, což je jeden z hlavních principů HDV (Vítek, 2009b).

3.4.1 Legislativa v oblasti hospodaření s dešťovou vodou platná pro ČR

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění

Vodní zákon obsahuje požadavek uplatňovat základní princip HDV v §5, odst. 3, kde je uvedena povinnost hospodařit se srážkovou vodou na pozemku dotčené stavby.

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (srážkové vody) v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby“ (§5, odst. (3) zákona č. 254/2001 Sb.).

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění

V části „*Požadavky na vymezení a využívání pozemků*“ §20, odst. 5, písm. c) je upřednostněn požadavek na vsakování srážkových vod na pozemku, pokud není pro srážkovou vodu plánované jiné využití např. zalévání nebo splachování.

„Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno:

c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

- 1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,*
- 2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo*
- 3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace“ (§20, odst. 5, písm. c) vyhlášky č. 501/2006 Sb.).*

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění

Tato vyhláška má za úkol poskytovat právní ochranu proti tzv. bezodtokovým územím, které mohou vzniknout v případě, pokud nejsou napojeny bezpečnostní přelivy nebo regulované odtoky objektů HDV na recipient nebo kanalizační síť. Hlavním důvodem, proč bezodtokové oblasti vznikají, je neochota vlastníků kanalizační sítě napojit objekty HDV do sítě. Argumentují špatným technickým stavem a nedostatečnou kapacitou trubního vedení. Ovšem můžeme to také vysvětlit tím, že za odvod dešťových vod ze soukromých staveb se neplatí poplatky. Z §6, odst. 4 uvedené vyhlášky je zřejmé, že u každé stavby musí být vyřešeno odvádění srážkových vod, tím pádem bezodtoková území nemohou vznikat. Bezodtoková území by mohlo ohrozit zástavbu vyplavením, pokud by byla překročena kapacita objektů HDV (Vacková, 2017).

„Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací“ (§6, odst. (4) vyhlášky č. 268/2009 Sb.).

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

„Povinnost platit za odvádění srážkových vod do kanalizace pro veřejnou potřebu se nevztahuje na plochy dálnic, silnic, místních komunikací a účelových komunikací, veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních včetně pevných zařízení potřebných pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy s výjimkou staveb, pozemků nebo jejich částí využívaných pro služby, které nesouvisí s činností provozovatele dráhy nebo drážního dopravce, zoologické zahrady, veřejná a neveřejná pohřebiště a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a na domácnosti“ (§20, odst.(6) zákona č. 274/2001 Sb.).

Tímto odstavcem odpadá veškerá finanční motivace majitelů k aplikaci systémů hospodaření s dešťovou vodou na většině pozemků.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

Uvedená vyhláška ukládá navrhovat stokové sítě dle ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov. Norma nereflexuje aplikaci opatření HDV, protože byla zavedena dříve, než se principy HDV implementovaly do české legislativy. Vznikaly tak předimenzované stokové sítě, čímž však byl negován jeden z přínosů HDV, který spočívá ve snížení nákladů na výstavbu stokové sítě. To je také jedna z výhod decentrálního způsobu městského odvodnění (Vacková, 2017; Vítek a kol., 2015).

3.4.2 Technická opatření

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Norma vešla v platnost v únoru 2012. Předmětem technického předpisu je rozsah a způsob geologického průzkumu místních podmínek pro vsakování srážkových povrchových vod. Pro tyto vody norma stanovuje omezující podmínky. Dále norma představuje používané vsakovací zařízení, včetně postupů a příkladů pro výpočet retenčních objemů vsakovacích zařízení. Popisuje bezpečnost přeplnění těchto zařízení a přetékaní vod na povrch. V normě jsou aktualizované tabulky návrhových úhrnů srážek v ČR (ČSN 75 9010).

Vítek (2012) ve svém článku popisuje hlavní nedostatky ČSN 75 9010:

- Norma se zabývá jen zasakováním, neřeší problematiku HDV v širším kontextu.
- Norma je použitelná pouze v omezené míře, protože z důvodu vysoké míry zastavění nebo nevhodných přírodních podmínek není zasakování možné.
- V normě nejsou obsažena systémová opatření.
- Norma uvažuje maximální dobu prázdnění vsakovacích zařízení 3 dny. To může být velice nebezpečné, další srážky mohou přijít právě v tomto období. Podzemí je jediným recipientem.
- Norma neřeší příjemce vod z bezpečnostních přelivů. Mohou být zaplaveny samotné stavby nebo přilehlé pozemky.
- V normě není stanovena kategorie nepřípustné srážkové vody. Takové znečištění přírodě blízké opatření, které norma doporučuje, nedokáže dostatečně vyčistit.

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Od března 2013 navázala na normu ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. Tato norma je jedním z dokumentů, který se podílí na plnění vodohospodářské politiky ČR. Smyslem politiky je zabezpečení trvale udržitelného rozvoje způsobem blízkým přírodě.

Norma řeší hospodaření se srážkovými vodami decentrálním způsobem odvodnění. Decentrální způsob odvodnění je doplněn centrálními opatřeními, které jsou zapojeny do série a vzniká fungující systém. Norma také označuje správného příjemce srážkových vod a návod správného technického řešení. V normě se rozdělují znečištěné vody, které se musí správně oddělovat. Ke kategoriím znečištění jsou přiřazeny plochy, kde typicky znečištění vzniká. Dále jsou uvedeny výpočetní postupy pro dimenzování decentrálních objektů.

3.4.3 Rámcové a metodické nástroje

Česká republika má v současné době hospodaření s dešťovými vodami zakotveno ve více úrovních. Problematikou HDV se zabývají Strategické plány rozvoje republiky, které mají sloužit ke konsolidovanému vývoji dané problematiky. Hlavními dokumenty pro tento obor jsou Národní plány povodí České republiky, Politika územního rozvoje České republiky a nově také Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, kterou vytvořilo Ministerstvo životního prostředí a další dotčené resorty (průmyslu a obchodu, pro místní rozvoj, zemědělství, vnitra a zdravotnictví). Národní plány povodí ČR jsou zpracovány ve spolupráci Ministerstev zemědělství a životního prostředí. Politika územního rozvoje je zpravována Ministerstvem pro místní rozvoj (Vacková, 2017).

Národní plány povodí České republiky

Koncepční dokument Plán hlavních povodí České republiky, který byl využíván v prvním plánovacím období (2009 – 2015) byl nahrazen Národními plány povodí ve druhém plánovacím období (2015 – 2021). Národní plány povodí pořizuje Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s příslušnými správci povodí a místně příslušnými krajskými úřady. Schvaluje je vláda.

Národní plány povodí stanovují cíle:

- *pro ochranu a zlepšování stavu povrchových a podzemních vod a vodních ekosystémů,*
- *ke snížení nepříznivých účinků povodní a sucha,*

- *pro hospodaření s povrchovými a podzemními vodami a udržitelné užívání těchto vod pro zajištění vodohospodářských služeb a*
- *pro zlepšování vodních poměrů a pro ochranu ekologické stability krajiny (MŽP).*

Vybrané rámcové cíle, které jsou uvedeny v Národním plánu Labe v Kapitole IV. Cíle:

- *snižovat množství srážkových vod odváděných jednotnou i oddílnou dešťovou kanalizací,*
- *důsledně uplatňovat v generelech odvodnění urbanizovaných území i v územním plánování a ve všech typech jednotlivých územních a stavebních řízení koncepci nakládání s dešťovými vodami, umožňující jejich zadržování, vsakování i přímé užívání (NPP Labe, 2015).*

Politika územního rozvoje České republiky, ve znění aktualizace č. 1

Politika územního rozvoje České republiky je závazný nástroj územního plánování s celostátní působností. Je to koncepční a strategický dokument, jehož hlavním účelem je koordinace územně plánovací činností krajů a obcí. Aktualizace č. 1 byla schválena vládou dne 15. dubna 2015 (PÚR ČR, ve znění Aktualizace č. 1).

Pro oblast hospodaření s dešťovou vodou je v PÚR zásadní část 2.2 Republikové priority, bod 25, kde je zanesen požadavek: *„Vytvářet podmínky pro preventivní ochranu území a obyvatelstva před potenciálními riziky a přírodními katastrofami v území (záplavy, sesuvy půdy, eroze, sucho atd.) s cílem minimalizovat rozsah případných škod. Zejména zajistit územní ochranu ploch potřebných pro umístování staveb a opatření na ochranu před povodněmi a pro vymezení území určených k řízeným rozlivům povodní. Vytvářet podmínky pro zvýšení přirozené retence srážkových vod v území s ohledem na strukturu osídlení a kulturní krajinu jako alternativy k umělé akumulaci vod“.*

„V zastavěných územích a zastavitelných plochách vytvářet podmínky pro zadržování, vsakování i využívání dešťových vod jako zdroje vody a s cílem zmírňování účinků povodní“ (PÚR ČR, ve znění Aktualizace č. 1).

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR

Národní adaptační strategie byla schválena v říjnu roku 2015 vládou ČR. Strategie celkově analyzuje pravděpodobné dopady změn klimatu na naše území. Strategie také přináší návrhy konkrétních adaptačních opatření, legislativní a ekonomickou analýzu. Dále se také klade důraz na přírodě blízké odvodnění, jakožto důležitý nástroj pro adaptaci na změnu klimatu (Vacková, 2017).

Oblasti zohledňující vliv hospodaření s dešťovými vodami jsou *Vodní režim v krajině a vodní hospodářství* a dále *Urbanizovaná krajina*.

Vodní režim v krajině a vodní hospodářství – vybrané doporučení týkající se HDV: *„Podpořit účinnými nástroji (legislativními, finančními, regulačními) vsakování dešťových srážek a systémy zachycování a opětovného využívání dešťových srážek ze zpevněných ploch v urbanizovaných územích s cílem zvýšit retenci vody v krajině a posílit vodní zdroje. Zvážit možnosti alternativních způsobů hospodaření s vodními zdroji např. formou řízené umělé infiltrace“ (MŽP, 2015).*

Dále je ve strategii zakomponováno: *„V urbanizovaných oblastech je nutné nenapojovat nové srážkové vody na stávající odvodňovací systémy (zejm. jednotnou kanalizaci) a snižovat množství v současnosti již nepropustných ploch. Základem tohoto řešení je decentralizovaný systém hospodaření se srážkovými vodami, který podporuje však, retenci, případně využití srážkové vody přímo na pozemku stavebníka. Mezi další opatření patří zejména plošné zpoplatnění odvádění srážkových vod a cílené využití takto získaných prostředků ke zlepšení hospodaření se srážkovými vodami. Dále by měly být principy hospodaření se srážkovými vodami promítnuty do územního plánování. Plošný rozvoj obcí je nutné provádět se zohledněním místních odtokových poměrů a spojit s koncepčním návrhem odvodnění území v širších územních souvislostech“ (MŽP, 2015).*

Urbanizovaná krajina - vybrané doporučení týkající se HDV: *„Zajistit udržitelné hospodaření s vodou (zasakování či využívání srážkových vod, úsporná opatření) a funkčně propojené systémy ploch s převažujícími přírodními složkami tvořící systém sídelní zeleně. Důležitou roli přitom budou hrát vodní a vegetační plochy a prvky“ (MŽP, 2015).*

Biodiverzita a ekosystémové služby – vybrané doporučení týkající se HDV:
„Zajistit důkladné a provázané plánování využití území s dlouhodobým výhledem (územní plánování, komplexní pozemkové úpravy, krajinné plánování, lesní hospodářské plány a osnovy apod.) beroucí ohledy na ochranu biodiverzity a zajištění klíčových ekosystémových služeb vč. zadržování vody v krajině“ (MŽP, 2015).

3.5 Hospodaření s dešťovou vodou

3.5.1 Objekty pro snížení nebo prevenci vzniku dešťového odtoku u zdroje

Nezpevněné povrchy

Nezpevněné povrchy se dají využít na místech, kde jsou zpevněné plochy nevyužité nebo kde zpevněné povrchy nejsou nezbytné pro danou funkci. Další uplatnění nezpevněných povrchů lze najít na plochách, které již nelze využít pro svou funkci např. brownfields (Vítek a kol., 2015).

Propustné zpevněné plochy

Propustné zpevněné plochy (*obr. 5*) se využívají hlavně na málo frekventovaných komunikacích a parkovištích, která musejí být zpevněná. Tyto plochy slouží k omezenému či statickému využití. Komponenty se vyrábí z propustných nebo polopropustných materiálů, které snižují srážkový odtok. Komponenty, které se využívají jsou zejména kamenné a betonové dlažby s pískovými spárami, zatravněné dlažby a rošty či porézní asfalt (Vítek a kol., 2015).



Obrázek 5: Polovegetační tvárnice (zdroj: Novotná a kol., 2015).

Vegetační střechy

Vegetační střechy jsou místa pokrytá živou vegetací. Důvodem jejich zřizování je snížení povrchového odtoku, ekologický přínos, ochlazování prostoru díky evapotranspiraci, estetika a pestrost budovy. Materiály jsou vrstvené tak, aby bylo dosaženo požadovaného vegetačního krytu a správného systému odvodnění. Konstrukční prvky závisejí na typu vegetační střechy a na možnostech stavební plochy. Typická vegetační střecha se skládá z: vegetace, substrátu, filtrační vrstvy (dobře propustná s retenčními schopnostmi), odvodňovací/zásobní vrstvy, kořenové bariéry, vodotěsné vrstvy (izolace, membrána), konstrukce střechy (SuDS Manual, 2015).

Extenzivní vegetační střechy

Extenzivní vegetační střechy (*obr. 6*) pokrývají veškerou plochu střechy budovy pomalu rostoucími suchomilnými rostlinami, které mají nízké požadavky na údržbu (např. mechy, byliny, trávy, sukulentní rostliny). Přístup na tyto střechy je pouze pro účely údržby a konstruuje se na plochých a šikmých střechách. Hloubka prostředí je typicky 20-150 mm. Tyto systémy mohou být využity v různých lokalitách s minimálními zásahy uživatelů (SuDS Manual, 2015).



Obrázek 6: Extenzivní vegetační střecha řešená jako přístřešek (zdroj: SuDS Manual, 2015).

Intenzivní vegetační střechy (střešní zahrady)

Intenzivní vegetační střechy (*obr. 7*) poskytují větší atraktivitu a biodiverzitu prostředí. Typicky se na těchto střeších vysazují traviny, keře a stromy. Intenzivní střechy mohou také obsahovat vodní prvek (dotovaný dešťovou vodou) k zavlažování. Střechy jsou snadno přístupné a potřebují větší míru údržby. Hloubka prostředí je minimálně 150 mm, proto mají tyto systémy větší nároky na únosnost konstrukce střechy (SuDS Manual, 2015).

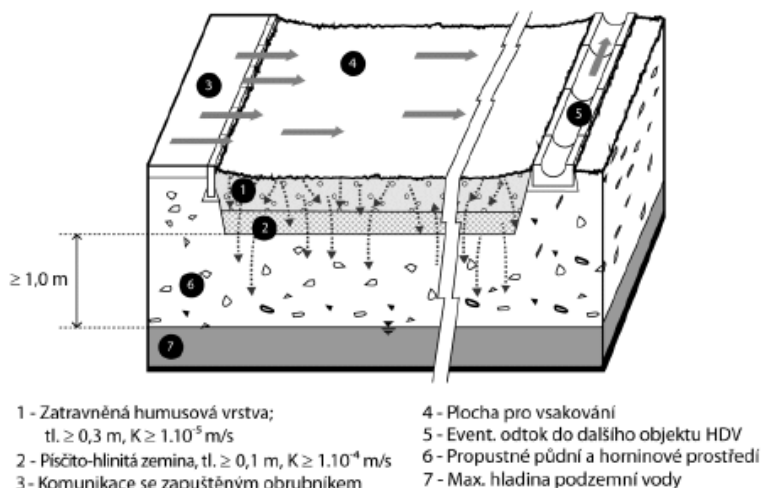


Obrázek 7: Intenzivní vegetační střecha (zdroj: SuDS Manual, 2015).

3.5.2 Objekty pro vsakování bez regulovaného odtoku

Povrchové vsakování bez retence – plošné vsakování

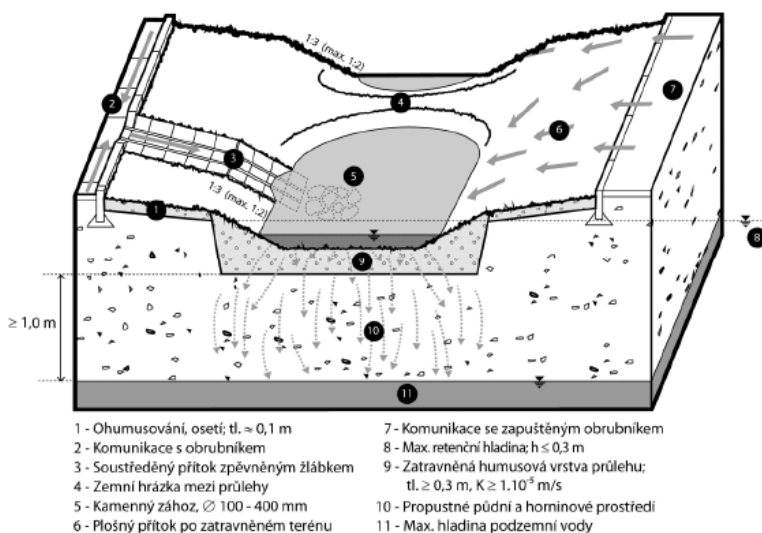
Plošné povrchové vsakování (*obr. 8*) je navrhováno se zatravněnou humusovou vrstvou a sklony terénu max. do 1:20. Plošné vsakování je zaručeno pomalým a rovnoměrným přítokem dešťové vody, zařízení nemá možnost retence. Opatření je zařazeno za odvodňovanou plochu (parkoviště, komunikaci). Plošné vsakování je náročné na plochu, pohybuje se okolo 20 % odvodňované plochy. Musí být zajištěno odvedení vody v případě, že by byla překročena navržená kapacita zařízení. V tomto případě je voda odvedena do jiného objektu HDV (např. průlehu), do povrchových vod nebo do jednotné kanalizace (TNV 75 9011).



Obrázek 8: Plošné vsakování přes humusovou vrstvu (zdroj: TNV 75 9011).

Povrchové vsakování s retencí – vsakovací průleh

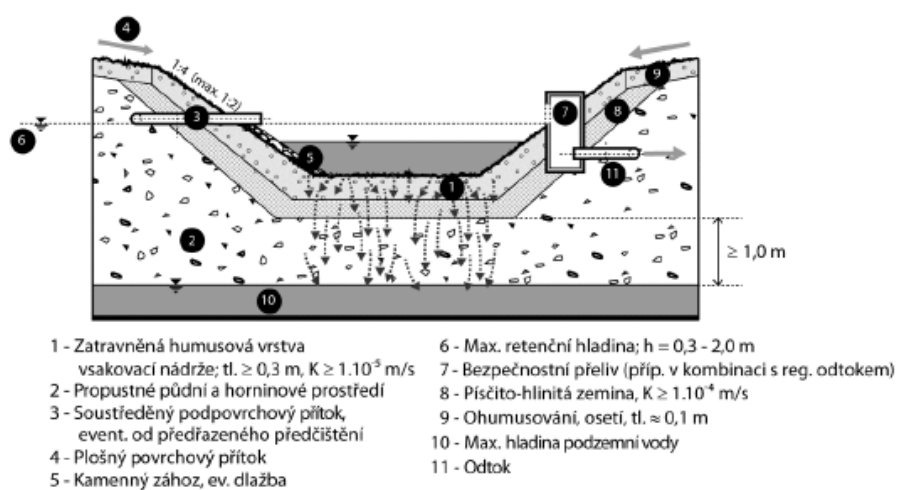
Vsakovací průleh (plošný, liniový) zobrazen na obr. 9 je mělká zatravněná prohlubeň v terénu. V průlehu dochází ke krátkodobé retenci vody. Toto opatření se používá v územích, kde není dostatek místa, nebo kde nejsou dostatečně propustné podmínky pro plošné vsakování. Sklony svahů v průlehu se ideálně navrhují v poměru 1:3 (max. 1:2). Nejvýhodnější přítok na průleh je přes zatravněnou plochu. Pokud je přítok z odvodněné plochy soustředěn do přírodního žlábků, musí být tento žlab zpevněn. Měla by se také uvážit možnost předčištění z důvodu případné kolmatace (Ministerstvo dopravy, 2014).



Obrázek 9: Vsakovací průleh s povrchovým přítokem (zdroj: TNV 75 9011).

Povrchové vsakování s retencí – vsakovací nádrž

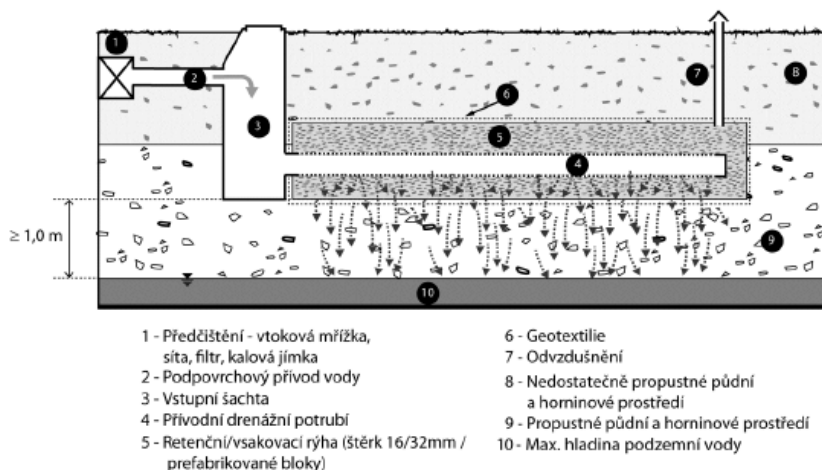
Vsakovací nádrž (*obr. 10*) má značnou retenční funkci, tudíž nejsou kladeny velké nároky na plochu (cca 7 % z odvodňovaných ploch). Sklon svahů by neměl přesahovat poměr 1:4 a to zejména v intravilánu. Pokud je sklon větší je nutné připojit bezpečnostní opatření např. oplocení. Do nádrže může být svedeno více přítoků z jiných objektů HDV a také přítoky z více typů zpevněných povrchů (střechy, komunikace, parkoviště). Nádrž by měla obsahovat bezpečnostní faktor proti možné kolmataci. Může být využit průchod vody přes zatravněnou vrstvu nebo kalová jímka. (Vítek a kol., 2015; TNV 75 9011).



Obrázek 10: Vsakovací nádrž (zdroj: TNV 75 9011).

Podzemní vsakování s retencí – vsakovací rýha

Vsakovací rýha (*obr. 11*) je liniové podzemní vsakovací zařízení. Podzemní část rýhy je vyplněna štěrkovým materiálem o frakci 16/32 mm. Štěrky je od okolního porézního prostředí separován geotextílií. Toto opatření je vhodné u liniových staveb a v místech, kde kvůli prostorovému omezení nelze využít plošné vsakování. Přítok vody je navržen jako povrchový nebo podpovrchový. V případě podpovrchového přítoku musí být zařízení osazeno kalovou jímkou na vtoku a revizní šachtou (Vacková, 2017; Vítek a kol., 2015).



Obrázek 11: Podzemní vsakovací rýha s podpovrchovým přívodem vody (zdroj: TNV 75 9011).

Podzemní vsakování – prostory vyplněné štěrkiem nebo vsakovacími bloky

Toto opatření je obdobou vsakovací rýhy. Rozdílem je, že vyplněné vsakovací prostory (*obr. 12*) jsou většinou plošným zařízením. Objekt se nevyužívá u odvodnění liniových staveb.



Obrázek 12: Pokládka vsakovacích bloků (zdroj: Novotná a kol., 2015).

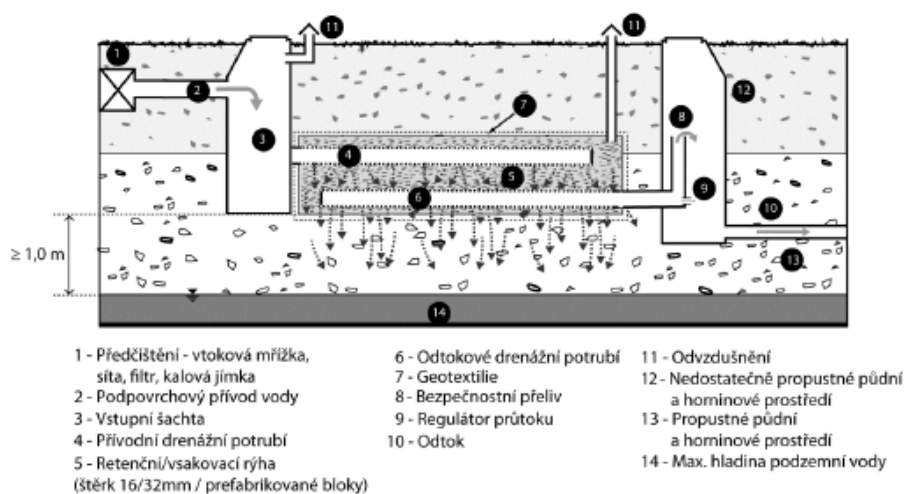
Podzemní vsakování – vsakovací šachta

Vsakovací šachty jsou objekty pro bodové vsakování. Využití šachet je možné jen u určených typů odvodňovaných ploch, tj. extenzivní vegetační střechy, střechy a terasy z inertních materiálů a střechy s plochou neošetřených kovových materiálů do

50 m². Podle míry znečištění se doporučuje zařadit prvek pro předčištění vod (kalová jímka, filtrační šachta). Na základě geologického průzkumu se posoudí vhodnost zasakování z hlediska ochrany jímácích zdrojů a podzemních vod. Šachty by se neměly budovat v místech s malou propustností prostředí, které dokáže bezpečně chránit podzemní vody (TNV 75 9011).

3.5.3 Objekty pro vsakování s regulovaným odtokem

Objekty jsou obdobou zařízení bez regulovaného odtoku, významným rozdílem je zařazení regulačního prvku do objektu. Proveditelnost je limitována hydrogeologickými podmínkami – vsakovací schopnost podloží, výška hladiny podzemní vody, sklonitost terénu. Musí být vyhotoven podrobný hydrogeologický průzkum. Opatření jsou nevhodná pro odvodnění ploch, z kterých mohou odtékat silně znečištěné vody (např. skladování nebezpečných látek) (Vítek a kol., 2015). Na obr. 13 je znázorněna vsakovací rýha s regulovaným odtokem.



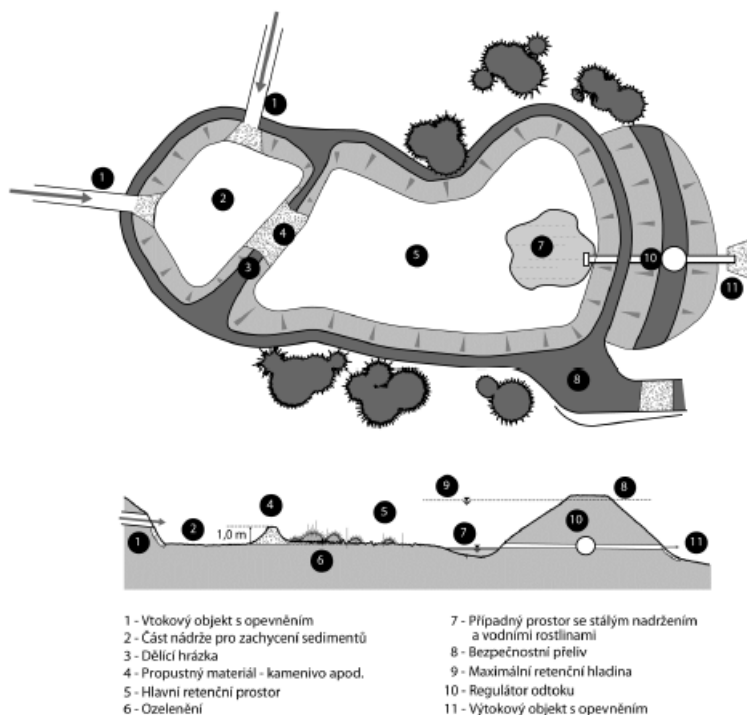
Obrázek 13: Vsakovací rýha s podpovrchovým přítokem s regulovaným odtokem (zdroj: TNV 75 9011).

3.5.4 Retenční objekty s regulovaným odtokem

Suché retenční dešťové nádrže (poldry)

Suché retenční nádrže (obr. 14) jsou povrchové objekty, které mají retenční prostor. Retenční prostor je plněn v průběhu dešťového odtoku, který je tvořen objemem vody z odvodňované plochy. Poldry redukují kulminační průtok a prázdnění je zajištěno regulovaným odtokem (regulátor osazen v nejnižším bodě). Nádrže jsou

nejčastěji navrhovány s travním porostem. Na samostatných pozemcích jsou nádrže řešeny jako průlehy. V případě odvodnění komunikací jsou nádrže řešeny jako liniové průlehy. Liniový průleh má určitý sklon dna, které je rozčleněno na více částí zemními hrázkami. U nátoku do nádrže se navrhuje separovaný usazovací prostor pro minimalizaci nánosu nerozpuštěných látek a sedimentů (TNV 75 9011).



Obrázek 14: Suchá retenční dešťová nádrž - poldr (zdroj: TNV 75 9011).

Podzemní retenční dešťové nádrže

Nádrže jsou umístěné pod povrchem terénu, retenční prostor je plněn při dešťovém odtoku. Retenční prostor nádrže je většinou tvořen potrubím s velkým průměrem nebo podzemní jímkou. Používané materiály na jímku jsou beton, plast nebo fólií izolované plastové bloky. Podzemní nádrže musí být osazena přístupovým otvorem a odzdušněním. Oproti povrchovým nádržím nejsou náročné z hlediska prostoru (TNV 9011).

Retenční dešťové nádrže se zásobním prostorem

Hlavním účelem je transformace povodňové vlny, která může vzniknout z dešťového odtoku. Retenční prostor je vymezen mezi hladinou stálého nadržení a výškou bezpečnostního přelivu. V intravilánu plní také estetickou či rekreační funkci

a zlepšují lokální mikroklima. Doporučuje se vybudovat usazovací prostor pro usazení sedimentů a nerozpuštěných látek (TNV 75 9011).

Umělé mokřady

Umělé mokřady se vyznačují retenční a čistící schopností, kterou zajišťují vodní rostliny. Mokřady jsou mělké nádrže s trvalým nadržem. Mokřady upravují vlhkostní poměry území. Dalšími funkcemi jsou regulace odtoku a estetika prostředí (TNV 75 9011).

3.5.5 Akumulace a využití dešťových vod

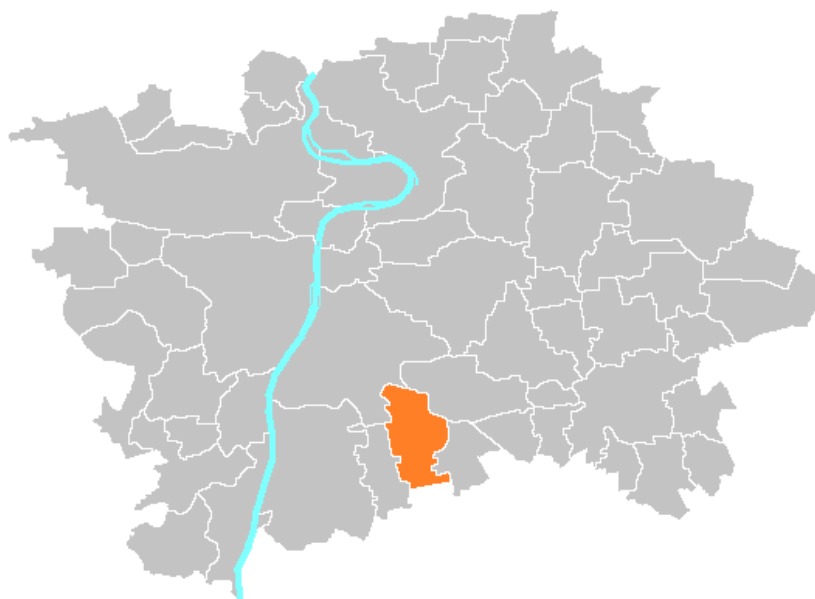
Hlavní důvod pro využití dešťových vod v budovách a na pozemcích je šetření pitné vody. V domácnostech je možné dešťovou vodu využít pro splachování toalet, praní, mytí aut (popř. jiných strojů), úklid a zalévání. Využití vody je limitováno systémem akumulace a jakostí dešťových vod. Využití vody v městském prostředí je zejména pro zálivku parků a městské vegetace, popř. v letních měsících může být voda využita pro zmírnění prašnosti a ochlazení prostoru.

Systémy pro akumulaci a využití dešťové vody jsou zařazeny mezi odvodňovanou plochu a navazující objekt HDV (př. objekt pro vsakování, retenci nebo kombinace akumulace a retence). Akumulované dešťové vody ze střech jsou ve většině případů nejméně náchylné pro vnos znečištění do systémů, jsou tudíž nejvhodnější (TNV 75 9011; Vítek a kol., 2015).

4 Metodika

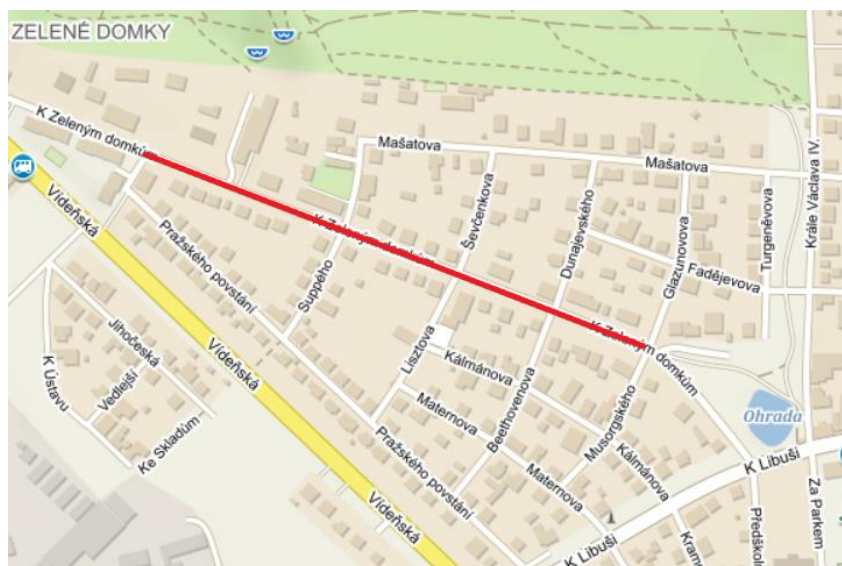
4.1 Popis řešeného území

Zájmové území se nachází v městské části Praha – Kunratice (*obr. 15*). Kunratice leží na jihovýchodním okraji hlavního města Prahy. Kunratice jsou z jižní strany ohraničeny krajinnou zelení a z východní a severní strany Kunratickým lesem a zelení lemující Kunratický potok.



Obrázek 15: Lokace zájmového území (zdroj: Institut plánování a rozvoje (IPR) hl. m. Prahy).

Konkrétně se jedná o ulici K Zeleným domkům, na které bude ukázána možnost řešení odvodnění přírodě blízkým způsobem pomocí aplikace objektů HDV. Návrh řešení v ulici K Zeleným domkům (*obr. 16*) bude proveden mezi ulicemi Pražského povstání (západní část) a Glazunovova (východní část). Úsek je dlouhý 560 m.



Obrázek 16: Řešené území (zdroj: mapy.cz, upraveno autorem).

Zásobování obyvatel pitnou vodou je zajištěno z vodní nádrže Švihov (Želivka). Délka stokové sítě je 3,1 km. Aktivní zóna záplavového území drobných vodních toků je 44,1 ha z celkových 810 ha (Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy).

Geologické poměry

Lokalita je začleněna do Českého masivu – krystalinikum a prevariské paleozoikum – středočeská oblast (bohémikum) – Barrandien. Původ geologických jevů je sedimentární. Horniny jsou tvořeny štěchovickou skupinou břidlic, prachovců a drob (Česká geologická služba, 1998). Horniny pokryvných útvarů jsou deluviální a fluviodeluviální uloženiny (píščitojílovité hlíny a úlomky břidlic a křemenců) v mocnosti 2-4 metry (Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy).

Hydrogeologické poměry

Popisované území leží v hydrogeologickém rajonu 6250 – proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Nejvyužívanějším kolektorem je přípovrchová zóna a úroveň hladiny podzemní vody je většinou odvislá od množství srážek na konkrétním území. Zdroje podzemní vody jsou rozptýlené. Podzemní voda je z kolektorů jímána nejčastěji kopanými studnami nebo mělkými vrty či zářezy (Povodí Vltavy, 2017).

Hloubka podzemní vody pod povrchem v lokalitě ulice K Zeleným domkům je 2-4 metrů. Propustnost hornin je puklinová a omezená průlinová s malou vododajností.

Horniny v prostředí výskytu podzemní vody jsou horniny skalního podkladu, jejich zvětraliny, deluviální a fluviodeluviální sedimenty. Převládající proudění podzemní vody je směrem ke Kunratickému potoku (Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy).

Informace o povodí

Dotčená lokalita se nachází v povodí Dolní Vltavy (Vltava od Berounky po Vltavu, číslo hydrologického pořadí – 1-12-01). Dílčí povodí spadá do povodí Kunratického potoka, plocha povodí je 31,91 km² (hydrologické pořadí 1-12-01-0060-0-00) (HEIS VÚV).

4.2 Vstupní informace pro návrh odvodnění

V současné době jsou srážkové vody z komunikace odváděny do zasakovacích příkopů (*obr. 17*), které jsou situovány pouze na jedné straně vozovky. Zasakovací příkopy jsou přerušovány navazujícími kolmými ulicemi a vjezdy k soukromým pozemkům. Ve východní a západní části ulice jsou srážkové vody odváděny do dešťové kanalizace.



Obrázek 17: Vsakovací příkop v ulici K Zeleným domkům (zdroj: autor).

Inženýrské sítě a majetkoprávní vztahy

Inženýrské sítě a majetkoprávní vztahy nebudou v rozsahu diplomové práce řešeny (např. přeložky sítí). Avšak v plnohodnotné projektové dokumentaci jsou tyto záležitosti nutnou součástí přípravných prací.

Inženýrské sítě mají svá ochranná pásma. Stavební práce v těchto pásmech je možné začít pouze se svolením vlastníka či provozovatele sítí. Součástí inženýringu je tedy obeslat každého vlastníka či provozovatele a seznámit ho se stavebním záměrem. Vlastník/provozovatel následně vydá své rozhodnutí.

Hlavní město Praha má na internetových stránkách <http://www.geoportalpraha.cz/cs/.opendata#.XIZ--ihKhPY> možnost volně přístupných informací o inženýrských sítích. Data jsou ve formátu shp. (GIS) a dxf. (CAD formát).

Majetkoprávní vztahy je možné dohledat na internetové stránce Českého úřadu katastrálního a zeměměřického <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>.

Na všechny dotčené parcely má vlastnické právo hl. m. Praha, svěřená správa nemovitostí je udělena městské části Praha – Kunratice. Parcely se nacházejí v katastrálním území Kunratice [728314]. V tab. 3 jsou informace o dotčených parcelách.

Tabulka 3: Informace o dotčených parcelách (zdroj: ČÚZK, upraveno autorem).

parcelní číslo	druh pozemku	číslo LV	výměra [m ²]	způsob využití	vlastník	správa	omezení vlastnického práva
437	ostatní plocha	1812	1760	ostatní komunikace	hl. m. Praha	městská část Praha-Kunratice	žádná omezení
2402	ostatní plocha	1812	8041	ostatní komunikace	hl. m. Praha	městská část Praha-Kunratice	věcné břemeno (podle listiny), užívání, zřízení a provozování vedení
2403	ostatní plocha	1812	3706	ostatní komunikace	hl. m. Praha	městská část Praha-Kunratice	věcné břemeno užívání
2412	ostatní plocha	1812	1811	ostatní komunikace	hl. m. Praha	městská část Praha-Kunratice	věcné břemeno užívání, zřízení a provozování vedení

Katastrální mapy v grafické podobě lze bezplatně získat na internetové stránce Českého úřadu katastrálního a zeměměřického <http://services.cuzk.cz/>. Data jsou opět ve více formátech (např. shp., dxf.)

Velikost odvodňované plochy A[m²]

Velikost odvodňované plochy je získána z výše uvedených grafických mapových podkladů. Velikost odvodňované plochy je spočítána jako součet všech půdorysných průmětů dotčených parcel v zájmovém území. Součet plochy pozemků je proveden od ulice Pražského povstání k ulici Glazunovova. Nelze tedy použít součet výměry z *tab. 3*.

Součinitel odtoku jednotlivých ploch $\Psi[-]$

Součinitel odtoku srážkových vod je nezbytné znát pro následný výpočet redukované plochy. Součinitel odtoku se odvíjí od druhu odvodňované plochy, popř. druhu úpravy povrchu a sklonu povrchu. Druh dílčích odvodňovaných ploch je určen na základě místního šetření. Sklon je určen podle podélného profilu, který byl poskytnut firmou DIPRO spol. s r.o. *Tab. 4* je vyňata z normy *ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod*. Z tabulky jsou zvoleny součinitele pro jednotlivé plochy.

Tabulka 4: Součinitele odtoku srážkových povrchových vod (zdroj: ČSN 75 9010).

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod Ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárníc	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).

Redukovaná plocha A_{red}[m²]

Redukovaná plocha odvodňovaného území se určí z rovnice 1 podle ČSN 75 9010:

$$A_{\text{red}} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Psi_i \quad (1)$$

kde je

A_i ... půdorysný průmět odvodňované plochy podle *tab. 4*, v m^2 ,

Ψ_i ... součinitel odtoku srážkových povrchových vod pro odvodňovanou plochu podle *tab. 4*,

n ... počet odvodňovaných ploch podle určitého druhu.

Vsakovací zkoušky

Výsledné hodnoty vsakovacích zkoušek mi poskytla firma DIPRO spol. s. r. o. Tato firma si nechala v roce 2015 zpracovat hydrogeologický posudek pro vsakování srážkových vod. V lokalitě byly vyhloubeny tři průzkumné sondy 1 x 0,5 x 1 m (d x š x h). Umístění průzkumných sond je znázorněno v *příloze č. 1*. Průzkumná sonda č. 1 je umístěna na pozemku parc. č. 437. Průzkumné sondy č. 2 a 3 jsou na pozemku parc. č. 2403. Metodika měření rychlosti vsaku byla provedena podle *přílohy G ČSN 75 9010*. Sondy č. 2 a 3 nebylo možné naplnit vodou, s největší pravděpodobností kvůli záhozům inženýrských sítí.

Vsakovací plocha $A_{vsak}[m^2]$

Vsakovací plocha vsakovacího zařízení je určena z rovnice 2, převzato z *ČSN 75 9010*.

$$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{red} \quad (2)$$

kde je

A_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, m^2 (viz. rovnice 1).

Koeficient (0,1 až 0,3) je pro dané podmínky stanoven na hodnotu 0,1, nízká hodnota je důsledkem dobrých vsakovacích podmínek v území.

Vsakovaný odtok $Q_{vsak} [m^3 \cdot s^{-1}]$

Vsakovaný odtok (rovnice 3) závisí na vsakovací ploše, koeficientu vsaku a na součiniteli bezpečnosti vsaku (doporučení $f \geq 2$). Do součinitele bezpečnosti vsaku je promítnuta bezpečnost a pravděpodobné změny vsakovací schopnosti podloží po určitém čase provozu (*ČSN 75 9010*).

$$Q_{\text{vsak}} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \quad (3)$$

kde je

f ... součinitel bezpečnosti vsaku,

k_v ... koeficient vsaku, v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, (viz. tab. 5),

A_{vsak} ... vsakovací plocha, v m^2 (viz. rovnice 2).

Návrhové srážkové údaje

Návrhové srážkové údaje jsou převzaty z tabulky A.1 a A.2 – *Návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 minut až 72 hodin* normy ČSN 75 9010. Nejbližší srážkoměrná stanice je Praha – Hostivař. Návrhová periodičita srážek je stanovena na $p=0,1 \text{ rok}^{-1}$. Periodičita je určena podle tabulky 2 – *Návrhová periodičita srážek pro dimenzování vsakovacích zařízení, Riziko při přeplnění vsakovacího zařízení* (ČSN 75 9010).

Retenční objem vsakovacího zařízení $V_{\text{vz}}[\text{m}^3]$

Retenční objem vsakovacího zařízení je dán rovnicí 4 podle ČSN 75 9010. Retenční prostor je budován z důvodu převládající rychlosti na přítoku do zařízení oproti vsakovanému odtoku.

$$V_{\text{vz}} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{\text{red}} + A_{\text{vz}}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \cdot t_c \cdot 60 \quad (4)$$

kde je

h_d ... návrhový úhrn srážek, v mm, (viz. tab. 6),

A_{red} ... redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy, m^2 (viz. rovnice 1),

f ... součinitel bezpečnosti vsaku,

k_v ... koeficient vsaku, v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, (viz. tab. 5),

A_{vsak} ... vsakovací plocha, v m^2 , (viz. rovnice 2),

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení, v m^2 , pro zjednodušení se rovná A_{vsak} ,

t_c ... doba trvání srážky, v minutách, (viz. tab. 6).

Zpětné posouzení rozměrů průlehu

Maximální retenční hladina v průlehu nesmí přesáhnou 0,3 m. Proto je nutné udělat zpětné posouzení plochy průlehu. Maximální retenční hladina je poměr retenčního objemu ku ploše průlehu (rovnice 5).

$$h = \frac{V_{vz}}{A_{vsak}} \quad (5)$$

kde je

h ... max. retenční hladina, v m²,

V_{vz} ... retenční objem vsakovacího zařízení, v m³, (viz. rovnice 4),

A_{vsak} ... vsakovací plocha, v m², (viz. rovnice 2).

Doba prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr} [s]

Doba prázdnění by neměla přesahovat 72 h. Tato doba se stanoví podle ČSN 75 9010. Doba prázdnění vsakovacího průlehu se určí jako poměr retenčního objemu vsakovacího zařízení a vsakovaného odtoku (rovnice 6).

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak}} \quad (6)$$

kde je

V_{vz} ... retenční objem vsakovacího zařízení, v m³, (viz. rovnice 4),

Q_{vsak} ... vsakovaný odtok, v m³.s⁻¹, (viz. rovnice 3).

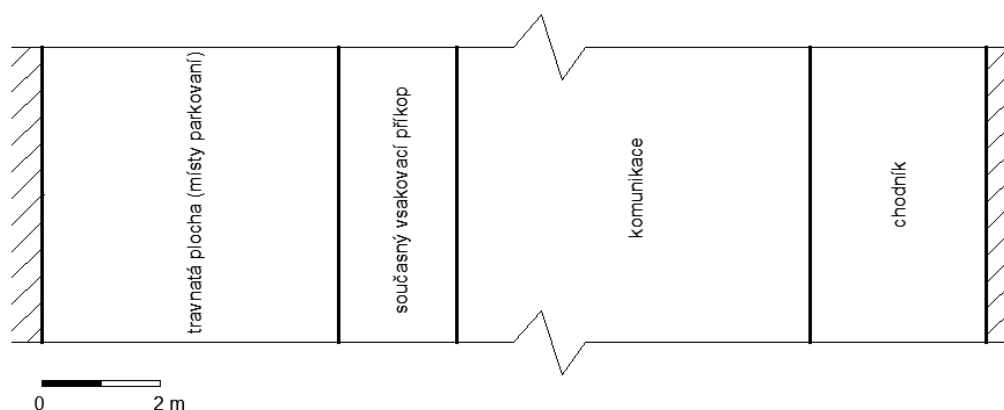
Znečištění srážkových vod

Typické znečištění srážkových vod je převzato z normy TNV 75 9011 z tabulky A.1 – *Typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod*. Území je na základě terénního průzkumu (odhad místních obyvatel) určeno jako málo frekventovaná pozemní komunikace (<300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě). Typické znečišťující látky pro tuto kategorii jsou: hrubé nečistoty, splaveniny (střední znečištění srážkové vody), jemné částice, těžké kovy, uhlovodíky, organické znečištění, BSK₅, dusík, fosfor, patogenní mikroorganismy, chloridy (vše mírně znečištěná srážková voda). Norma TNV 75 9011 v tab. B.1 doporučuje způsoby vsakování srážkových vod z různých typů

ploch s ohledem na jejich znečištění. Pro málo frekventované pozemní komunikace je přípustné povrchové vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu. Konkrétně se jedná o široké plochy a zatravněvací příkopy ($A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}} \leq 5$) a průlehy a průlehy-rýhy ($5 < A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}} \leq 15$).

Možnosti odvádění srážkových vod

Podle *obr. 4.* a podle vstupních informací se jeví jako nejlepší řešení povrchové vsakování s retencí – vsakovací průleh. Další možnosti odvodnění daného území budou probrány v kapitole *Diskuse*. Vstupní informace jsou základem pro následný výpočet zmíněného objektu HDV. Odvádění srážkových vod, objekt HDV a jeho stavební provedení je závislé na místních podmínkách, zejména z hlediska příčného provedení ulice. Na *obr. 18* je znázorněné typické příčné uspořádání ulice K Zeleným domkům.



Obrázek 18: Příčné uspořádání ulice (zdroj: autor).

Existuje více možností, jak vytvořit dostatečné podmínky pro odvádění srážkových vod pomocí objektů HDV. Jedna z možností je zachování nebo změna příčného uspořádání ulice. Další možností může být situování zařízení HDV vzhledem k odvodňované ploše. V případě ulice K Zeleným domkům, kdy je odvodňována vozovka a chodník, je možné objekt HDV vybudovat buď na jedné straně, nebo na obou stranách komunikace. Na směrově nerozdělených komunikacích lze navrhnout střechovitý nebo jednostranný příčný sklon. Návrh vsakovacího průlehu bude proveden na jedné straně komunikace, tedy bez změny současného stavu příčného profilu.

5 Výsledky

Velikost odvodňované plochy $A[m^2]$

Velikost odvodňované plochy na parcele č. 2402 (komunikace) je 4 168 m². Velikost odvodňované plochy na parcele č. 2412 (chodník) je 1 346 m². Celková odvodňovaná plocha, která bude vstupovat do dalších výpočtů je **5 514 m²**.

Redukovaná plocha $A_{red}[m^2]$

Velikost redukované plochy je vypočítána podle rovnice 1. Druhy odvodňované plochy jsou asfaltovaná a betonová plocha se sklony do 1 % a od 1 do 5 %. Podle *tab. 4* je určen součinitel odtoku srážkových povrchových vod hodnotou 0,75. Po vynásobení velikostí odvodňované plochy je velikost redukované plochy **4 135,5 m²**.

Vsakovací zkoušky

Do dalších výpočtů bude vstupovat hodnota koeficientu vsaku ze sondy č. 2, u které měření probíhalo nejjistěji. V *tab. 5* jsou uvedeny výsledky polních zkoušek.

Tabulka 5: Hodnoty propustnosti [m.s⁻¹] (zdroj: podklady firmy DIPRO spol. s.r.o., upraveno autorem).

sonda č.	koeficient vsaku [m.s ⁻¹]
1	5,4.10 ⁻⁴
2	1,5.10⁻⁴
3	>1.10 ⁻³

Uvedená hodnota koeficientu vsaku nesaturované zóny vykazuje vysokou vsakovací schopnost zeminy, a tudíž je vhodná pro vybudování vsakovacích objektů. Druh zeminy podle vsakovací zkoušky je písčité až hlinitopísčité.

Návrhové srážkové údaje

Tab. 6 uvádí návrhové úhrny srážek pro stanici Praha – Hostivař. Tato tabulka slouží také jako podklad pro výpočet retenčních objemů vsakovacích zařízení v *příloze č. 2*.

Tabulka 6: Návrhové úhrny srážek (zdroj: ČSN 75 9010, upraveno autorem).

místo	nadm. výška [m.n.m]	periodocita p [rok ⁻¹]	doba trvání srážek t _c [min]								
			5	10	15	20	30	40	60	120	
			návrhové úhrny srážek h _d [mm]								
Hostivař	240	0,1	13,1	19,5	23,2	25,3	28,1	30,2	33,1	37,9	
			doba trvání srážek t _c [h]								
			4	6	8	10	12	18	24	48	72
			návrhové úhrny srážek h _d [mm]								
			45,7	52	52,8	53,7	54,6	57,2	58,1	73,5	78,9

Vsakovací plocha A_{vsak}[m²]

Po dosazení do rovnice 2 vychází výsledná vsakovací plocha vsakovacího zařízení **414 m²**.

Výsledná vsakovací plocha je rozdělena do 15 vsakovacích průlehů. Do průlehů je svedena povrchová srážková voda z příslušných částí odvodňovaného území podle vyspádování komunikace a chodníku. Všechny následné výpočty jsou provedeny tabelárně pro každý průleh. V tab. 7 jsou shrnuté hodnoty odvodňovaných, redukovaných a vsakovacích ploch.

Vsakovaný odtok Q_{vsak} [m³.s⁻¹]

Po dosazení příslušných hodnot do rovnice 3 jsou vypočítány jednotlivé vsakované odtoky pro příslušné průlehy. Tyto výsledky včetně jim odpovídající vsakovací plochy uvádí tab. 7.

Tabulka 7: Výsledné hodnoty jednotlivých ploch (zdroj: autor).

	odvodňovaná plocha [m ²]	redukováná plocha [m ²]	vsakovací plocha [m ²]	vsakovaný odtok [m ³ .s ⁻¹]
průleh 1	460,0	345,0	34,5	0,003
průleh 2	515,0	386,3	38,6	0,003
průleh 3	282,0	211,5	21,2	0,002
průleh 4-6	1175,0	881,3	88,1	0,007
průleh 7	350,0	262,5	26,3	0,002
průleh 8	350,0	262,5	26,3	0,002
průleh 9-10	756,0	567,0	56,7	0,004
průleh 11	405,0	303,8	30,4	0,002
průleh 12	182,0	136,5	13,7	0,001
průleh 13	331,0	248,3	24,8	0,002
průleh 14-15	708,0	531,0	53,1	0,004
celkem	5514	4135,5	414	0,031

Retenční objem vsakovacího zařízení $V_{vz} [m^3]$

V příloze č. 2 – Retenční objemy vsakovacích zařízení jsou provedeny výpočty retenčních objemů pro jednotlivé průlehy pro doby trvání srážek do 120 min (viz. tab. 6). Delší doby trvání nejsou uvedeny z důvodu vysokých záporných hodnot. V tab. 8 jsou shrnuty největší retenční objemy jednotlivých průlehů.

Tabulka 8: Retenční objemy průlehů (zdroj: autor).

	doba trvání srážky [min]	retenční objem $[m^3]$
průleh 1	20	6,5
průleh 2	20	7,3
průleh 3	20	4,0
průleh 4-6	20	16,6
průleh 7	20	4,9
průleh 8	20	4,9
průleh 9-10	20	10,7
průleh 11	20	5,7
průleh 12	20	2,6
průleh 13	20	4,7
průleh 14-15	20	10,0

Zpětné posouzení rozměrů průlehů

Jak je vidět z tab. 9 všechny průlehy splňují podmínku $h \leq 0,3$, rozměry průlehů lze zachovat. Maximální retenční hladina je u všech průlehů stejná z důvodu návrhu vsakovací plochy. Vsakovací plocha průlehů byla navržena jako desetina redukované plochy.

Tabulka 9: Posouzení rozměrů průlehu vzhledem k max. retenční hladině (zdroj: autor).

	retenční objem $[m^3]$	vsakovací plocha $[m^2]$	max. retenční hladina h [m]	pozouzení
průleh 1	6,5	34,5	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 2	7,3	38,6	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 3	4,0	21,2	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 4-6	16,6	88,1	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 7	4,9	26,3	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 8	4,9	26,3	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 9-10	10,7	56,7	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 11	5,7	30,4	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 12	2,6	13,7	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 13	4,7	24,8	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje
průleh 14-15	10,0	53,1	0,19	$\leq 0,3$ vyhovuje

Doba prázdňení vsakovacího zařízení T_{pr} [s]

Výsledné doby prázdňení jednotlivých průlehů jsou uvedeny v *tab. 10*. Stejně výsledné hodnoty vycházejí z předpokladu, že návrh rozměrů průlehů je stanoven jako jedna desetina redukovaných ploch.

Tabulka 10: Doby prázdňení (zdroj: autor).

	V_{vz} [m ³]	Q_{vsak} [m ³ .s ⁻¹]	doba prázdňení [s]	doba prázdňení [hod]	pozouzení
průleh 1	6,5	0,003	2512	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 2	7,3	0,003	2513	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 3	4,0	0,002	2509	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 4-6	16,6	0,007	2512	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 7	4,9	0,002	2509	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 8	4,9	0,002	2509	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 9-10	10,7	0,004	2511	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 11	5,7	0,002	2511	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 12	2,6	0,001	2510	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 13	4,7	0,002	2514	0,7	≤72 vyhovuje
průleh 14-15	10,0	0,004	2511	0,7	≤72 vyhovuje

Výsledky v grafické podobě jsou přiloženy v *příloze č. 3 Situace – vsakovací průlehy* a v *příloze č. 4 Vzorový příčný řez*.

6 Diskuse

Je zřejmé, že implementace různých způsobů využívání dešťových vod je dána buď snahou o akumulaci dešťových vod a její náhradu za vodu pitnou, nebo snahou o udržitelný způsob života a podporu malého koloběhu vody, resp. zdržení vody v krajině. Nicméně, ať už jsou důvody pro využívání dešťových vod jakékoli, jedná se o moderní způsob adaptace na měnící se podmínky prostředí.

V nejvyspělejších státech (př. Německo, Švýcarsko), v oblasti hospodaření s dešťovou vodou je ochrana vodních toků, půdy i podzemní vody upravována příslušnými zákony, nařízeními, technickými směrnicemi a předpisy tak, aby zohledňovaly předmět ochrany před případnou kontaminací dešťovou vodou při vsakování. Případný odvod dešťových vod do kanalizace je zpoplatněn. Finanční motivace se ukazuje být jedním z neúčinnějších nástrojů udržitelného rozvoje.

Například, v německých obcích, tvoří-li náklady za odvod dešťových vod více než 12 % z celkových nákladů za odvodnění, je příslušná obec nucena uplatnit oddělené zpoplatnění dešťových a splaškových vod. Zohledňujícím kritériem odděleného zpoplatnění je spotřeba pitné vody a velikost zastavěné i zpevněné plochy pozemku. Z ploch, z kterých se dešťové vody vsakují, nebo které nejsou napojené na kanalizaci se nevybírají žádné poplatky. Naopak, poplatek je vybírán z nepropustných ploch připojených na kanalizaci. Poplatek se určuje pomocí součinitele odtoku. U polopropustných a propustných ploch (vegetační tvárnice, zelené střechy apod.) je možnost snížení poplatku. V různých městech se také liší zpoplatnění užívané dešťové vody v domácnosti, zpravidla se však zohledňuje velikost akumulačních zařízení. Následně je redukován poplatek z ploch připojených na tyto zařízení, např. zmenšením velikosti nepropustných ploch o 30 % při objemu nádrže min. $2 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ zpevněných ploch (Počítáme s vodou, 2015).

Ve Švýcarsku je připojení dešťových vod na kanalizaci a výše poplatků regulováno Kanalizačními řády nebo řády pro odpadní vody daných obcí. Výše poplatků je dána velikostí a stupněm nepropustnosti plochy. Další možnost, jak určit výši poplatku, je využití specifického součinitele, ovlivněného jeho umístěním v rámci

obce (střed města, obytná, průmyslová zóna, zóna zeleně) a podle velikosti plochy pozemku (Počítáme s vodou, 2015).

V České republice je situace komplikovanější. Prosazování a realizace systémů hospodaření s dešťovou vodou se dostává do konfliktu s ostatními zájmy územního plánování, majetkových poměrů a všeobecných zájmů dotčených obyvatel. Ačkoliv je známo, že nerovnoměrnost rozložení dešťových událostí ohrožuje stabilitu čistícího procesu na čistírnách odpadních vod (Krejčí a kol., 2002), nejsou systémy HDV vždy realizovány. Hlavním důvodem je nulová finanční odpovědnost majitele pozemku/stavby za odvod dešťových vod. Česká republika patří k těm mála zemím Evropy, kde se za tyto vody nehradí poplatky. Ekonomické důvody jsou samozřejmě provázány s nejednoznačnou legislativou ČR (Vítek, 2018).

Příkladem možného řešení nakládání s dešťovými vodami jiným způsobem, než je jejich odvod do stokového systému, je městská část Kunratice. Návrh předpokládá, že navržené opatření k zasakování je možné uskutečnit. Studie věnuje pozornost plošnému uspořádání ulice a objemům dešťových vod, které je nutné vsakovat. Návrh je v souladu se zákonem č. 254/2001 Sb., (vodní zákon), který požaduje při změně staveb zabezpečit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby. Dále navržené opatření reflektuje vyhlášku č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Tato vyhláška vymezuje stavební pozemek tak, aby na něm bylo upřednostňováno vsakování srážkových vod. Navržený systém také splňuje principy trvale udržitelného rozvoje (podle tab. 2) v rámci hospodaření s dešťovou vodou (snížení průtoků v kanalizaci), adaptace na klimatické změny, dotace podzemních vod, čištění odpadních vod (snížení objemu odpadních vod k čištění z odvodňovacích systémů), biodiverzity či atraktivity území.

Poměr redukované a vsakované plochy byl v zájmovém území stanoven na hodnotu 10:1, hodnota je navržena podle ČSN 75 9010 a také kvůli dobrým vsakovacím podmínkám. Tento poměr odpovídá ($5 < A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}} \leq 15$) opatřením povrchového vsakování přes zatravněnou humusovou vrstvu. Do těchto typů zařízení spadají průlehy a rýhy (TNV 75 9011). Do území byl navržen systém průlehů, a to hlavně kvůli lepším retenčním schopnostem oproti systému s rýhami. Zpravidla užší

vsakovací rýhy by bylo vhodné navrhnou po obou stranách komunikace v ulici K Zeleným domkům. To však znamená velký zásah do území, především z hlediska příčných úprav ulice. Jednalo by se o posunutí, změnu velikostí a změnu povrchů dílčích částí ulice. Dalším problémem systému se vsakovacími rýhami by bylo prostorové uspořádání, jelikož vsakovací rýhy potřebují po obou stranách přítok přes vegetační pás o minimální šířce 1,5 metru. Z tohoto důvodu nejsou pro návrh vhodné.

Velkou výhodou případné aplikace systému opatření HDV (v případě dostatku prostoru) po obou stranách komunikace by byla možnost oddělení komunikace od chodníků. Prostor mezi chodníkem a zúženou vozovkou by byl vyplněn jednak zařízením HDV a jednak vzrostlými stromy. Výhodou takto rozděleného uspořádání v ulici, pomocí alejí, by byla ochrana chodců od automobilového provozu či ochrana proti hluku. Zúžené vozovky obecně nutí řidiče k pomalejší jízdě a větší pozornosti v řízení. Prvky (nejlépe stromy), které by oddělovaly vozovku od chodníků by evokovaly rekreační chůzi a zlepšovaly komfort a bezpečí v okolí.

Další možností, jak vyřešit nakládání s dešťovými vodami v území, by bylo svedení těchto vod do blízké malé vodní nádrže Ohrada (0,23 ha, IV. kategorie TBD). Nádrž se nachází na konci východní části ulice K Zeleným domkům. Nádrž Ohrada je v současné době napájena nově zrekonstruovaným melioračním kanálem, který vede podél ulice K Libuši. Nádrž přináší místním obyvatelům příjemný estetický a rekreační prvek, v blízkosti nádrže je vybudované dětské hřiště. Do této nádrže by však bylo možné odvedení dešťové vody pouze z cca 220 m úseku ulice K Zeleným domkům (křížení ulic K Zeleným domkům, Ševčenkova a Lisztova) a to z důvodu výškových poměrů v území. Odvodnění zbytku ulice by opět muselo být řešeno systémem průlehů. Otázkou je, zda by bylo výhodné pro relativně krátký úsek budovat systém převedení (v podobě podzemního potrubí či povrchového kanálu) dešťové vody do nádrže. Objem vody pro nádrž z krátkého úseku by nebyl vzhledem k vynaloženým prostředkům adekvátní. Ze stejného úseků by bylo možné odvádět vodu do prostoru před nádrží, kde se nachází rozlehlé zatravněné území. Zde by bylo možné vybudovat objekt plošného vsakování. Dešťový odtok z liniové stavby by opět musel být sveden (například příkopem) k objektu.

Důležitým tématem v oboru hospodaření s dešťovými vodami je znečištění dešťového odtoku. V řešeném území se vyskytují všechny tři kategorie znečištění, které uvádí *Vítek a kol.* (2002), tedy mokrá depozice (promývání atmosféry za deště), suchá depozice (splach území dešťovým odtokem) a i znečištění vznikající při kontaktu dešťové vody s materiálem na povrchu území. Nejvýraznější znečištění v zájmovém území vyvolává suchá depozice, která je nejvíce ovlivněna automobilovou dopravou. Avšak i tak území spadá do kategorie *málo frekventovaných pozemních komunikací*. To znamená, že je v území za deště vyvoláván dešťový odtok s přípustnými srážkovými povrchovými vodami. Podle ČSN 75 9010 je dovoleno tyto vody vsakovat přes nenasycenou zónu bez předchozího opatření (bez předčištění). I v systémech průlehů dochází k předčištění srážkových povrchových vod průsakem přes vegetační vrstvu. Tato vrstva je vhodná pro zachycení např. organických sloučenin, nerozpustných sloučenin kovů či jemných i hrubých nečistot z přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod. Ve vrchní vrstvě půdního horizontu dochází k filtraci, iontové výměně, adsorpci těžkých kovů a rozkladu biologicky rozložitelného znečištění (ČSN 75 9010). Pokud by však v zájmovém území došlo například k navýšení hustoty automobilové dopravy, muselo by se předčištění srážkových povrchových vod řešit vhodným zařízením pro předčištění či jejich kombinací (např. průlehy, kalové jímky, filtry, odlučovače).

Zpracovávaný návrh opatření k zasakování dešťových vod v ulici K Zeleným domkům potvrzuje, že podobné projekty je možné realizovat nejen v nové zástavbě, ale i v zástavbě stávající, kde je to z mnoha důvodů složitější. Před samotnou realizací systému HDV je především důležitý pozitivní přístup volených zástupců města či obce, úředníků, projektantů a v neposlední řadě místních obyvatel.

7 Závěr a přínos práce

Vývoj městského odvodnění prochází výraznou změnou v přístupu k nakládání s odpadními vodami. Do současného konvenčního způsobu odvodnění jsou zahrnuty i vody dešťové. S rostoucí urbanizací prostředí se znatelně projevují nedostatky konvenčního způsobu odvodnění. Nevýhody vyplývají ze snahy o co nejrychlejší odvedení veškerých odpadních vod mimo odvodňované území. Konvenční pojetí odvodnění odpadních vod je vhodné rozšířit o moderní způsob odvodnění dešťového odtoku. Toto moderní odvodnění je realizováno samostatně na každém jednotlivém pozemku či stavbě. Hlavním principem moderního způsobu odvodnění je zachycení a zadržení dešťové vody v místě jejího dopadu. Zachycení a zadržení dešťové vody je řešeno různými typy systémů hospodaření s dešťovými vodami.

Typy systémů hospodaření s dešťovými vodami jsou závislé na místních specifických podmínkách určitého území. Jednou z variant řešení jsou objekty, které omezují vznik dešťového odtoku (propustné zpevněné povrchy, vegetační střechy). Další variantou je zadržení dešťového odtoku pomocí vsakovacích objektů, které lze navrhovat s regulovaným či neregulovaným odtokem (plošné vsakovací objekty, průlehy, rýhy apod.). Poslední možností pro zadržení odtoku dešťové vody je pomocí retenčních zařízení s regulovaným odtokem (poldry, umělé nádrže, retenční nádrže apod.). Dešťovou vodu je možné akumulovat a využívat pro činnosti, u kterých jsou snížené požadavky na kvalitu vody (splachování toalet, zalévání apod.).

Realizace vhodného systému HDV by se měla odvíjet od charakteru řešeného území s ohledem zejména na hydrogeologické podmínky, vlastnické vztahy k pozemkům, stávající dopravní i technickou infrastrukturu. Pro plánování systémů HDV jsou samozřejmostí znalosti o možnostech nakládání s dešťovými vodami, avšak nutná je také spolupráce s dalšími inženýrskými obory (s urbanisty, architekty, dopravními inženýry a dalšími). Nezbytná je rovněž součinnost se státní správou či samosprávou. Pro pochopení výhod HDV a snazší realizaci systémů HDV je důležitá komunikace s veřejností.

Příkladem řešení systému hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území je návrh zasakovacích objektů v Praze – Kunraticích. V návrhu je zohledněno

plošné uspořádání ulice K Zeleným domkům a návrhový objem srážek. Studie podle vstupních informací volí nejpříznivější variantu systémů HDV, v tomto případě formou průlehů. Námětem pro další práci může být metodický podklad pro podobné návrhy či zlepšení informovanosti o HDV v očích veřejnosti.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

Abwassertechnische Vereinigung, 1983: Lehr und Handbuch der Abwasser-technik, Band I. Verlag Von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, München.

Asociace pro vodu ČR, 2009: Studie proveditelnosti implementace koncepce nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

Bartůšková K., 2018: Snížení odváděného množství srážkových a balastních vod ve městě Planá nad Lužnicí. České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Praha. 112 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální knihovna ČVUT.

Burns M. J., Fletcher T. D., Duncan H. P., Hatt B. E., Landson A. R., Walsh C. J., 2015: The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. Hydrological Processes 29. 152-160.

Campisano A., Butler D., Ward S., Burns M. J., Friedler E., DeBusk K., Fisher-Jeffes L. N., Ghisi E., Rahman A., Furumai H., Han M., 2017: Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. Water research 115. 195-209.

CIRIA, 2019: Benefits of SuDS (online) [cit. 2019. 03. 04], dostupné z <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/benefits-of-suds/SuDS-benefits.html>.

Česká geologická služba, 1998: Databáze významných geologických lokalit: 247 (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z <http://lokality.geology.cz/247>.

Český úřad zeměměřický a katastrální, 2004 – 2019: Nahlížení do katastru nemovitostí (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>.

ČSN 75 9010, 2012: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha. 44 s.

DeBusk K. M., Hunt W. F., Wright J. D., 2013: Characterizing rainwater harvesting performance and demonstrating stormwater management benefits in the humid southeast USA. *Journal of the American Water Resources Association* 49. 1398-1411.

Dobrowsky P. H., Mannel D., Kwaadsteniet M., Prozesky H., Khan W., Cloete T. E., 2014: Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond, South Africa. *Water SA* 40. 401-406.

Fukalová P., Mikesková A., Středová H., 2018: Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území ČR na příkladu města Valašské Klobouky (online) [cit. 2019. 02. 07], dostupné z <http://www.cbks.cz/SbornikTrebon18/Fukalova.pdf>.

Godskesen B., Hauschild M., Rygaard M., Zambrano K., Albrechtsen H. J., 2013: Life-cycle and freshwater withdrawal impact assessment of water supply technologies. *Water research* 47. 2363-2374.

Gomes U. A. F., Heller L., Pena J. L., 2012: A national program for large scale rainwater harvesting: an individual or public responsibility? *Water resources management* 26. 2703-2714.

Gould, J., Zhu, Q., Yuanhong, L., 2014: Using every last drop: rainwater harvesting and utilization in Gansu Province, China. *Waterlines* 33. 107-119.

Handia, L., Tembo, J. M., Mwiindwa, C., 2003: Potential of rainwater harvesting in urban Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts* 28. 893-896.

Hlavínek P., Mičín J., Prax., P., 2001: Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, Brno

Hörler A., 1962: Kanalisation, Ingenieur – Handbuch, Band II. Schweizer Verlaghaus AG. Zürich.

Hydroekologický informační systém VÚV TGM (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=MAPWND_MAIN.

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy. Katalog městských částí (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z http://katalog-mc.iprpraha.cz/mc_detail.html?mc=408#tema6.

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy. Inženýrskogeologické mapy (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z http://app.iprpraha.cz/js-api/app/ig_mapy/.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland (online) [cit. 2019. 02. 10], dostupné z https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

Iveroth S. P., Johansson S., Brandt N., 2013: The potential of the infrastructural system of Hammerby Sjöstad in Stockholm, Sweden. Energy policy 59. 716-726.

Jones M. P., Hunt W. F., 2010: Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. Resources, conservation and recycling 54. 623-629.

Kobzová E, 1998: Počasí: knížka pro každého. Rubico, Olomouc.

Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E., 2007: Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Krupa print, Žilina.

Krejčí V., Hlavínek P., Zeman E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup. NOEL 2000 s. r. o., Brno.

Kulhavý Z. (ed.), 2015: Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha.

Mapy.cz (online) [cit. 2019. 03. 11], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4736699&y=50.0158356&z=16>.

Mati B., Bock T., Malesu M., Khaka E., Oduor A., Nyabenge M., Oduor V., 2007: Mapping the Potential of Rainwater Harvesting Technologies in Africa: a GIS overview on development domains for the continent and ten selected countries.

Technical manual 5 (online) [cit 2019. 03. 01], dostupné z <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN15297.pdf>.

McHarg L. I., 1995: Design with nature. John Wiley & Sons, New York.

Melville-Shreeve P., Ward S., Butler D., 2016: Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations. Water 8. 129.

Ministerstvo dopravy, 2014: Odvodnění pozemních komunikací – technické podmínky 83, Praha.

Ministerstvo pro místní rozvoj, 2015: Politika územního rozvoje České republiky, ve znění Aktualizace č. 1 (online) [cit. 2018. 11. 26], dostupné z <http://www.uur.cz/images/1-uzemni-planovani-a-stavebni-rad/politika-uzemniho-rozvoje-aktualizace-1-2015/publikace-apur-cr-2015-cz.pdf>.

Ministerstvo životního prostředí, 2015: Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (online) [cit. 2018. 11. 26], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf).

Ministerstvo životního prostředí, 2009-2019: Národní plány povodí (online) [cit. 2019. 03. 02], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/planovani-v-oblasti-vod/priprava-planu-povodi-pro-2-obdobi/narodni-plany-povodi/>.

Národní plán povodí Labe, 2015: Kapitola IV. Cíle pro povrchové vody, podzemní vody a chráněné oblasti vázané na vodní prostředí (online) [cit. 2018. 11. 26], dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/437748/NPP_Labe_kapitola_IV.pdf.

Novotná J., Lubas M., Kabelková I., 2015: Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

Nypl V., Synáčková M., 1998: Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování. České vysoké učení technické, Praha.

Počítáme s vodou, 2015: Exkurze do Švýcarska. Dobré příklady inspirují. Jak se hospodaří s dešťovou vodou v zahraničí (online) [cit. 2018. 11. 26], dostupné z https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/01/Sbornik_EXKURZE_2015.pdf.

Povodí Vltavy, s. p., 2017: Zpráva o hodnocení množství jakosti vod v dílčím povodí Dolní Vltavy za rok 2016. Povodí Vltavy, Praha, 53 s.

Schuetze T., 2013: Rainwater harvesting and management – policy and regulation in Germany. Water sciences and technology 13. 376-385.

Soukupová J, 2009: Atmosférické procesy (Základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Stránský D., 2012: Srážkové vody a urbanizace krajiny: TP 1.20.1: technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob. ČKAIT, Praha.

Suchánek M., Vítek J., Finfrlová P., 2010: Studie odtokových poměrů na území Statutárního města Hradec Králové a přilehlých spádových oblastí. Vodní hospodářství 10. 267-270.

Šilar, J., 1996: Hydrologie v životním prostředí, VŠ Báňská, Ostrava.

TNV 75 9011, 2013: Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hyproprojekt, Praha. 65 s.

Vacková M., 2017: Urbanistická opatření pro efektivní hospodaření s povrchovou vodou v zastavěných územích. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury. Vedoucí dizertační práce doc. arch. Gabriel Kopáček, Dr.

Vítek J., 2008: Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj 4. 1 – 12.

Vítek J., 2009: Na cestě za hospodařením s dešťovou vodou III., zásadní rozdíl mezi systémovou a účelovou aplikací principů HDV (online) [cit. 2019. 02. 11.], dostupné z http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/22009-10-01_JVPVH.pdf.

Vítek J., 2009: Na cestě za hospodařením s dešťovou vodou: O probíhající novelizaci vyhlášky 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území (online) [cit. 2019. 11. 25], dostupné z http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/12009-03-10_JVPVH.pdf.

Vítek J., 2012: Nepodceňujme omyly, kterých se dopouštíme při zavádění HDV. Vodní hospodářství 9. 280 – 284.

Vítek J., 2014: Principy a zásady koncepce a strategie odvodnění MČ Praha 12 (online) [cit. 2019. 02. 14], dostupné z https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/06/P12_Strategie-HDV_2015-01.pdf?x58580.

Vítek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vítek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha.

Vítek J., 2018: Jak se projevuje úroveň zákonných a technických předpisů na aplikaci modrozelené infrastruktury. VTEI 3. 27 – 34.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

Ward S., Dornelles F., Giacomo M. H., Memon F. A., 2014: Incentivising and charging for rainwater harvesting – three international perspectives. In: Ward S. (ed): Alternative water supply systems. IWA Publishing, London. 153-168.

Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R., 2015: The SuDS Manual. CIRIA, London.

Wirojanagud P., Vanvarothorn V., 1990: Jars and tanks for rainwater storage in rural Thailand. Waterlines 8. 29 – 32.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon),
v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně
některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.